

PUB-NO: WO002084717A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: WO 2084717 A1

TITLE: CERAMIC HEATER FOR SEMICONDUCTOR
MANUFACTURING/INSPECTING
APPARATUS

PUBN-DATE: October 24, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ITO, YASUTAKA	JP

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
IBIDEN CO LTD	JP
ITO YASUTAKA	JP

APPL-NO: JP00203608

APPL-DATE: April 11, 2002

PRIORITY-DATA: JP2001113247A (April 11, 2001)

INT-CL (IPC): H01L021/02

EUR-CL (EPC): H01L021/00 ; C23C016/46, H01L021/00

ABSTRACT:

CHG DATE=20021203 STATUS=O>A ceramic heater for a semiconductor manufacturing/inspecting apparatus which can realize a uniform distribution in temperature of a semiconductor wafer without the corrosion of an external terminal, wiring, etc. of a ceramic heater during the semiconductor manufacturing process. This ceramic heater has a resistance heating element inside a ceramic substrate which is characterized by exposing a power feed terminal outside a wafer heating region.

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2002 年 10 月 24 日 (24.10.2002)

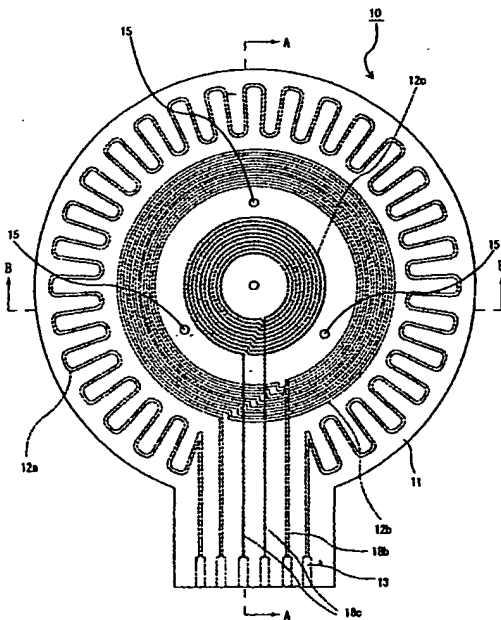
PCT

(10) 国際公開番号
WO 02/084717 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/02 (ITO, Yasutaka) [JP/JP]; 〒501-0695 岐阜県 揖斐郡 揖斐川町北方 1-1 イビデン株式会社内 Gifu (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/03608
- (22) 国際出願日: 2002 年 4 月 11 日 (11.04.2002) (74) 代理人: 安富 康男 (YASUTOMI, Yasuo); 〒532-0011 大阪府 大阪市 淀川区西中島 5 丁目 4 番 20 号 中央ビル Osaka (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): JP, US.
- (30) 優先権データ: 特願2001-113247 2001 年 4 月 11 日 (11.04.2001) JP (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): イビデン株式会社 (IBIDEN CO., LTD.) [JP/JP]; 〒503-0917 岐阜県 大垣市 神田町 2 丁目 1 番地 Gifu (JP). 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 伊藤 康隆
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: CERAMIC HEATER FOR SEMICONDUCTOR MANUFACTURING/INSPECTING APPARATUS

(54) 発明の名称: 半導体製造・検査装置用セラミックヒータ



(57) Abstract: A ceramic heater for a semiconductor manufacturing/inspecting apparatus which can realize a uniform distribution in temperature of a semiconductor wafer without the corrosion of an external terminal, wiring, etc. of a ceramic heater during the semiconductor manufacturing process. This ceramic heater has a resistance heating element inside a ceramic substrate which is characterized by exposing a power feed terminal outside a wafer heating region.

[続葉有]

WO 02/084717 A1



(57) 要約:

本発明の目的は、セラミックヒータの外部端子、配線等が半導体製造工程において腐食されることがなく、半導体ウエハの均一な温度分布を実現することが可能である半導体製造・検査装置用セラミックヒータを提供することにある、本発明は、セラミック基板の内部に抵抗発熱体が形成された半導体製造・検査装置用セラミックヒータであって、上記セラミック基板は、ウエハ加熱領域の外に給電端子を露出形成することを特徴とする。

明細書

半導体製造・検査装置用セラミックヒータ

技術分野

本発明は、主に半導体産業において、セラミックヒータ、静電チャック、ウエ
5 ハプローバ用のチャックトップ板等を使用される半導体製造・検査装置用セラミ
ックヒータに関する。

背景技術

エッチング装置や、化学的気相成長装置等を含む半導体製造、検査装置等にお
10 いては、従来、ステンレス鋼やアルミニウム合金などの金属製基材を用いたヒー
タが用いられてきた。

ところが、このような金属製のヒータは、以下のような問題があった。

まず、金属製であるため、セラミック基板の厚みは、15 mm程度と厚くしな
ければならない。なぜなら、薄い金属板では、加熱に起因する熱膨張により、反
15 り、歪み等が発生してしまい、金属板上に載置した半導体ウエハが破損したり傾
いたりしてしまうからである。しかしながら、セラミック基板の厚みを厚くする
と、ヒータの重量が重くなり、また、嵩張ってしまうという問題があった。

さらに、発熱体に印加する電圧や電流量を変えることにより、加熱温度を制御
するのであるが、金属板が厚いために、電圧や電流量の変化に対してセラミック
20 基板の温度が迅速に追従せず、温度制御しにくいという問題もあった。

これに対し、特開平11-40330号公報等では、金属製のものに代えて、
熱伝導率が高く、強度も大きい窒化物セラミックや炭化物セラミックを使用し、
これらのセラミックからなるセラミック基板の表面に、金属粒子を焼結して形成
した発熱体を設けているセラミックヒータが開示されている。

25 このようなヒータは、加熱の際に熱膨張しても、セラミック基板に反り、歪み
等は発生しにくく、印加電圧や電流量の変化に対する温度追従性も良好であった。

発明の要約

ところが、半導体製造工程では、エッチング用ガス、クリーニング用ガスとし

て、塩素系ガス、フッ素系ガス等の腐食性ガスが使用されているため、上述のような構成のセラミックヒータを使用した場合、外部端子等の電極部材や導電線が腐食し、セラミックヒータの性能が低化するという問題が発生した。

- このような問題を解決するため、特開平2.000-114355号公報や特許第2783980号公報に記載のように、円板状のセラミックと円筒状セラミック体とをセラミック接合層を介して接合させ、円筒状セラミック体の内部に外部端子等を設けることにより、腐食性ガス等から外部端子、導電線等の電極部材を保護する手段がとられていた。

- 図11は、このような構成のセラミック基板にシリコンウエハが載置されたセラミックヒータを模式的に示した断面図である。

- このセラミックヒータ50では、円板形状のセラミック基板51の中央付近の底面51bに、セラミック接合層61を介して、筒状セラミック体57が接合されている。また、筒状セラミック体57は、支持容器の底板（図示せず）に密着するように形成されているため、筒状セラミック体57の内部と外側とは完全に隔離されている。

また、抵抗発熱体52と底面51bとの間には、筒状セラミック体57が接合されたセラミック基板51の中央付近に向かって延びる導体回路58が形成されており、抵抗発熱体端部と導体回路58の一端とはバイアホール530を介して接続されている。

- この導体回路58は、抵抗発熱体の端部を中央部に延設するために形成されたものであり、導体回路58の他端の直下にはスルーホール53およびこのスルーホール53を露出させる袋孔59が形成され、このスルーホール53は、半田層（図示せず）を介して先端がT字形状の外部端子63と接続されている。

- 抵抗発熱体の端部が筒状セラミック体57の内側にある場合には、バイアホールや導体回路は必要がないので、抵抗発熱体の端部に直接スルーホール53が形成され、半田層を介して外部端子63と接続されている。

そして、これらの外部端子63には導電線630を有するソケット65が取り付けられ、この導電線630は、底板（図示せず）に形成された貫通孔（図示せず）から外部に引き出され、電源等（図示せず）と接続されている。

上述したように、このセラミックヒータ 50 では、セラミック基板 51 に、セラミック接合層 61 を介して、筒状セラミック体 57 が接合され、筒状セラミック体 57 は図示しない支持容器の底板（容器壁）まで形成されているので、筒状セラミック体 57 の内側とその外側とは、完全に隔離された状態となっている。

- 5 従って、腐食性ガス等により、筒状セラミック体 57 の内部の配線等が腐食することはない。

しかしながら、この方法を用いると、筒状セラミック体内部に不活性ガス等を導入することによる筒状セラミック体内部への熱の逃散やセラミック基板と筒状セラミック体との接合部を介しての熱の逃散に起因して、セラミック基板の加熱
10 面の温度均一性が低下してしまうという問題が新たに発生する。

本発明者らは、上述した問題点に鑑み、半導体製造工程において、外部端子や導電線等の電極部材が腐食されることがなく、加熱時におけるセラミック基板の加熱面の温度のばらつきが小さいセラミックヒータを得ることを目的として鋭意研究を行った結果、セラミック基板の内部に抵抗発熱体を形成した半導体製造・
15 検査装置用セラミックヒータを構成し、上記セラミック基板のウエハ加熱領域の外に給電端子を形成することで、腐食ガスに暴露される部分をウエハ加熱領域に留めることができ、外部端子や外部端子と抵抗発熱体とを接続する導電体が腐食性ガスに曝されることがなく、半導体ウエハを均一に加熱することができることを見出し、本発明を完成させた。

- 20 すなわち、本発明の半導体製造・検査装置用セラミックヒータは、セラミック基板の内部に抵抗発熱体が形成された半導体製造・検査装置用セラミックヒータであって、上記セラミック基板は、ウエハ加熱領域の外に給電端子が露出形成されていることを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミックヒータである。

また、上記ウエハ加熱領域は、セラミック基板のウエハと対向する面から該ウエハと対向する面の反対側の面に至る部分であることが望ましい。すなわち、上記ウエハ加熱領域は、半導体ウエハを加熱するために用いられる領域であり、セラミック基板の半導体ウエハと対向する面の半導体ウエハが載置される部分をそのまま下側の面（半導体ウエハと対向する面の反対側の面）に投影させることにより形成される部分（図 9 参照）であることが望ましい。

本発明の半導体製造・検査装置用セラミックヒータのうち、望ましい構成のセラミックヒータでは、上記セラミックヒータを構成するセラミック基板は、円板形状の基体と、その側面に形成された凸部により構成され、上記セラミック基板の内部の抵抗発熱体と外部端子との接続は、凸部内の導電体を介してなされている。

また、他の望ましい構成のセラミックヒータでは、上記セラミック基板は、ウエハ加熱領域よりも大きな直径をもつ円板形状の基体からなり、そのウエハ加熱領域に外部端子が形成されている。

上記セラミック基板は、その側面に有底孔が形成され、その有底孔に測温素子が挿入されてなることが望ましい。

上記望ましい構成のセラミックヒータの一つでは、図1～3に示すように、セラミック基板は、円板形状の基体と凸部とが一体に形成された形状からなり、抵抗発熱体と外部端子との接続が、この凸部の内部の導電体で行われていることから、上記セラミックヒータを支持容器に固定し、ホットプレートユニットとして、半導体製造工程で使用する場合に、外部端子等の電極部材や導電線を腐食性ガス雰囲気の外側に配置することが可能であるため、電極部材や導電線が腐食性ガスに曝されることがなく、セラミックヒータの性能の低下を防止することができる。

さらに、本発明のセラミックヒータは、半導体製造工程において、電極部材や導電線を腐食性ガス雰囲気の外側に配置できない場合であっても、電極部材等がセラミック基板の凸部付近に集中しているため、この部分に腐食性ガスを遮断することが可能なセラミック等からなる保護部材を形成することにより、腐食性ガスから容易に保護することができ、電極部材の腐食を防止することができる。

また、本発明のセラミックヒータでは、図11に示したセラミックヒータ50のように、セラミック基板51の中央部分付近に、外部端子等の電極部材や導電線を腐食性ガスから保護するための筒状セラミック体57を設置する必要がないため、筒状セラミック体57内部に不活性ガス等を導入することによる筒状セラミック体57内への熱の逃散やセラミック基板51と筒状セラミック体57との接合部分を介しての熱の逃散に起因する加熱面の温度不均一を考慮する必要がなく、被加熱物である半導体ウエハを均一に加熱することができる。

もう一つの構成のセラミックヒータでは、セラミック基板が、ウエハ加熱領域よりも大きな直径をもつ円板形状の基体からなり、そのウエハ加熱領域の外側に外部端子が形成されてなるものである。

- この構成では、セラミック基板を覆うように、チャンバを形成しておけばよく、
- 5 セラミック基板の側面から端子を露出させれば、抵抗発熱体と端子とを接続する導電線はセラミック基板内に存在するので、腐食性ガスにおかされない。

また、全体として一つの円板であるので、凸部を形成する場合に比べて熱容量を点対称にすることができ、放熱が均一に行われるため有利である。セラミック基板の直径は、ウエハ加熱領域の1.5倍以上となるようにすることが望ましい。

10

図面の簡単な説明

- 図1は、本発明に係るセラミックヒータの一例を模式的に示す底面図である。
- 図2は、図1に示したセラミックヒータのA-A線方向の部分断面図である。
- 図3は、図1に示したセラミックヒータのB-B線方向の部分断面図である。
- 15 図4は、本発明に係るセラミックヒータの別の一例を模式的に示す底面図である。

図5は、本発明に係るセラミックヒータを支持容器に固定した場合の一例を模式的に示す断面図である。

- 図6は、本発明に係るセラミックヒータに保護部材を形成した場合の一例を模式的に示す部分断面図である。
- 20

図7は、図1に示したセラミックヒータの有底孔および測温素子の構成を模式的に示した底面図である。

図8は、半円形状からなる凸部を有するセラミックヒータを示す平面図である。

- 図9は、本発明に係るセラミックヒータの別の実施形態を模式的に示す底面図
- 25 である。

図10(a)～(d)は、図1に示したセラミックヒータの製造工程の一部を模式的に示す断面図である。

図11は、従来のセラミックヒータの一例を模式的に示す断面図である。

図12(a)は、実施例1に係るセラミックヒータの加熱面を観察したサーモ

ピュア写真である。図12(b)は、比較例1に係るセラミックヒータの加熱面を観察したサーモピュア写真である。

図13は、実施例4～8および比較例2～6に係るセラミックヒータの面内温度と熱伝導率との関係を示したグラフである。

- 5 図14は、実施例1および比較例1に係るセラミックヒータを昇温したときにおける、投入電力と温度との関係を示したグラフである。

符号の説明

- 10、30、50 セラミックヒータ
- 10 11、31、51 セラミック基板
 - 11a、51a 加熱面
 - 11b、51b 底面
- 12、32、52 抵抗発熱体
- 120、180 導体ペースト層
- 15 23、63 外部端子
- 14、54 有底孔
- 15、55 リフターピン用貫通孔
- 16、56 リフターピン
- 18、58 導体回路
- 20 20 保護部材
- 21 接合層
- 13、53 スルーホール
- 130、170 充填層
- 29、69 半導体ウエハ
- 25 70 グリーンシート

発明の詳細な開示

次に、本発明の実施の形態に即して説明を行う。

実施の形態に係る本発明の半導体製造・検査装置用セラミックヒータは、セラ

ミック基板の内部に複数の回路からなる抵抗発熱体が形成された半導体製造・検査装置用セラミックヒータであって、上記セラミック基板は、円板状の基体と略矩形状の凸部とからなり、これらが同一平面からなる主面を形成するように一体化され、上記抵抗発熱体と外部端子との接続は、上記凸部の側面で行われることを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミックヒータである。

本発明のセラミックヒータの実施の形態について、図面を用いて説明する。

なお、以下の説明においては、半導体製造・検査装置用セラミックヒータを、単に、セラミックヒータともいうことにする。

図1は、本発明のセラミックヒータを模式的に示す底面図である。

10 また、図2は、図1に示すセラミックヒータのA-A線方向の部分断面図であり、図3は、図1に示すセラミックヒータのB-B線方向の部分断面図である。

このセラミックヒータは、セラミック基板の内部に抵抗発熱体が形成されている。

15 なお、以下の説明では、A-A線方向のことを縦方向、B-B線方向のことを横方向ともいうこととする。

図1に示すように、セラミックヒータ10において、セラミック基板11は、円板状の基体と略矩形状の凸部とからなる形状となっている。

20 上記円板形状の基体と上記略矩形状の凸部とは、同一平面からなる主面を形成するように一体化されており、セラミック基板11の側面の厚さは、すべて均一となっている。

なお、以下の説明では、略矩形状の凸部のことを、単に、凸部ともいうことにする。また、凸部は、矩形状に限られず、半円形状等であってもよい。

25 図8は、半円形状からなる凸部を有するセラミックヒータ80を示す。このセラミックヒータ80では、凸部が半円形であるほかは、図1に示したセラミックヒータ10と同様に構成されている。

本発明のセラミックヒータ10における、セラミック基板11を構成する円板状の基体の直径は、200mm以上が望ましい。大きな直径を持つセラミックヒータほど、加熱時に半導体ウエハ29の温度が不均一化しやすいため、本発明の構成が有効に機能するからである。また、このような大きな直径を持つ基板は、

大口径の半導体ウエハを載置することができるからである。

セラミック基板 11 を構成する基体の直径は、特に 12 インチ (300 mm) 以上であることが望ましい。次世代の半導体ウエハの主流となるからである。

また、セラミック基板 11 の略矩形状の凸部については、その A-A 線方向 (5 縦方向) の長さが 310 ~ 600 mm であることが望ましい。

310 mm 未満では、半導体ウエハ 29 と電極部材との距離を充分にとることができないため、電極部材を腐食性ガス雰囲気の外側に配置することができないからであり、600 mm を超えると、凸部の温度が低くなることにより、セラミック基板 11 の加熱面に温度のばらつきが発生するからである。

10 一方、凸部の B-B 線方向 (横方向) の長さについては、5 ~ 340 mm であることが望ましい。

5 mm 未満では、凸部に抵抗発熱体 12 や外部端子 23 を形成することが困難となるからであり、340 mm を超えると、凸部において、抵抗発熱体 12 の間隔が広くなりすぎ、凸部の温度が低くなることにより、セラミック基板 11 の加15 熱面に温度のばらつきが発生するからである。

また、本発明のセラミックヒータ 10 を構成するセラミック基板 11 の厚さは、25 mm 以下であることが望ましい。上記セラミック基板 11 の厚さが 25 mm を超えると温度追従性が低下するからである。また、その厚さは、0.5 mm 以上であることが望ましい。0.5 mm より薄いと、セラミック基板 11 の強度自20 体が低下するため破損しやすくなる。また、抵抗発熱体 12 の下部に、パイアホール 17 や導体回路 18 を形成することが困難となるからである。

より望ましくは、1.5 mm を超え 5 mm 以下である。5 mm より厚くなると、熱が伝搬しにくくなり、加熱の効率が低下する傾向が生じ、一方、1.5 mm 以下であると、セラミック基板 11 中を伝搬する熱が十分に拡散しないため加熱面25 に温度ばらつきが発生することがあり、また、セラミック基板 11 の強度が低下して破損する場合があるからである。

さらに、セラミックヒータ 10 には、加熱面 11 a の全体の温度が均一になるように加熱するため、セラミック基板 11 の内部に抵抗発熱体 12 (12 a ~ 12 c) が形成されている。

すなわち、セラミックヒータ 10 の最外周には、屈曲線の繰り返しパターンからなる抵抗発熱体 12 a が配置され、その内側に、同心円パターンの回路からなる抵抗発熱体 12 b、12 c が、一定の間隔を置いて配置されている。

また、本発明のセラミックヒータ 10 における最外周の抵抗発熱体 12 a のパターンとしては、図 1 に示した、屈曲線の繰り返しパターンに限らず、例えば、同心円形状のパターン、渦巻き状のパターン、偏心円状のパターン等も用いることができる。また、これらは併用してもよい。

また、最外周に形成された抵抗発熱体 12 a のパターンを、円周方向に分割されたパターンとすることで、温度が低下しやすいセラミックヒータ 10 の最外周で細かい温度制御を行うことが可能となり、セラミックヒータ 10 の温度のばらつきを抑えることが可能である。さらに、円周方向に分割された抵抗発熱体のパターンは、セラミック基板 11 の最外周に限らず、その内部にも形成してもよい。

また、セラミック基板 11 の内周部分に形成された抵抗発熱体 12 b、12 c についても、同心円状のパターンに限られず、例えば、屈曲線の繰り返しパターン、渦巻き状のパターン、偏心円状のパターン等を用いることができる。

また、セラミックヒータ 10 では、抵抗発熱体 12 a ~ 12 c の端部が、それぞれセラミック基板 11 の凸部の側面まで延設されている。

抵抗発熱体 12 a では、屈曲線の繰り返しパターンの一部が切断され、その切断された 2 箇所の端部が、セラミック基板 11 の凸部の側面に垂直に延設されたパターンとなっている。

抵抗発熱体 12 b では、一方の端部は、同心円状パターンの外側に形成されており、抵抗発熱体 12 a の場合と同様に、その端部がセラミック基板 11 の凸部の側面に垂直に延設されているが、もう一方の端部は、クーリングスポット等の発生を防止することを目的として、同心円状パターンの内側に形成されているため、この端部の直下にバイアホール 17 を形成し、バイアホール 17 の下部に導体回路 18 b を形成することにより、抵抗発熱体の端部をセラミック基板 11 の凸部の側面へと延設している。

また、抵抗発熱体 12 c では、同心円状パターンの外側に形成された端部および内側に形成された端部の直下にバイアホール 17 を形成し、バイアホール 17

の下部に導体回路 18 c を形成することにより、抵抗発熱体の端部をセラミック基板 11 の凸部の側面へと延設している。

すなわち、同心円状のパターンの内側に形成された端部と導体回路 18 b、18 c とは、バイアホール 17 を介して、接続されていることとなる。

- 5 また、セラミック基板 11 の円板状の基体と略矩形状の凸部との接合部付近において、抵抗発熱体の間隔が疎になることを防止するために、最外周に形成された抵抗発熱体 12 a の屈曲線の繰り返しパターンの切断部分を図面に表したのもよりも狭くなるようにしてもよい。

- 10 この場合、導体回路 18 b、18 c と立体的に重ならないようにするため、屈曲線の繰り返しパターンが切断された部分の直上にバイアホールを形成することにより、このバイアホールの上部を起点として、屈曲線の繰り返しパターンの切断部分が狭くなるように、端部が凸部の側面に延設されている構成の導体回路を形成してもよい。

- 15 導体回路 18 は、抵抗発熱体の端部をセラミック基板 11 の凸部の側面まで延設させるために設けられたものであり、導体回路 18 の材質、構成等については、抵抗発熱体 12 と同様のものを用いることが望ましい。

なお、本発明のセラミックヒータでは、抵抗発熱体 12 をセラミック基板 11 の内部に形成するため、抵抗発熱体表面が酸化されることがなく、被覆は不要である。

- 20 さらに、導体回路 18 の端部、または、セラミック基板 11 の凸部の側面へと延設された抵抗発熱体の端部には、スルーホール 13 が形成され、このスルーホール 13 を露出させる袋孔 19 が形成されるとともに、袋孔 19 には外部端子 23 が挿入され、ろう材（図示せず）で接合されている。

- 25 さらに外部端子 23 には、例えば、導電線を有するソケット（図示せず）が取り付けられ、この導電線は電源等に接続されている。

電源と接続するため外部端子 23 は、半田を介して抵抗発熱体 12 に取り付けるが、外部端子 23 を接続する場合、半田としては、銀-鉛、鉛-スズ、ビスマス-スズなどの合金を使用することができる。なお、半田層の厚さは、0.1～50 μm が好ましい。半田による接続を確保するのに十分な範囲だからである。

なお、外部端子 23 としては、例えば、コパールまたは Ni 製の外部端子が挙げられる。

外部端子 23 は、図 6 のようにセラミック基板の側面や下側面に形成することが望ましい。

- 5 また、図 2 および図 3 に示すように、セラミックヒータ 10 には、貫通孔 15 が形成されるとともに、貫通孔 15 には、リフターピン 16 が挿通されており、被加熱物である半導体ウエハ 29 をセラミックヒータ 10 の加熱面より一定距離離間させた状態で支持し加熱することができるようになっている。

- 10 また、リフターピン 16 ではなく、セラミックヒータの加熱面に形成された支持ピン 22 により、半導体ウエハ 29 を、セラミックヒータ 10 の加熱面より一定距離離間させた状態で支持し加熱することも可能である。

- 15 なお、本発明のセラミック基板 11 では、リフターピン 15 または支持ピン 22 により、被加熱物である半導体ウエハ 29 をセラミック基板 11 の加熱面から離間させる場合、5 ~ 5000 μm 離間した状態で保持することが望ましい。5 μm 未満では、距離が短すぎるため、セラミック基板 11 の温度分布の影響を受けて半導体ウエハの温度が不均一となるからである。

- 20 5000 μm を超えると、半導体ウエハ 29 の温度が上昇しにくくなり、特に、半導体ウエハ 29 の外周部分の温度が低くなってしまいうからである。被加熱物とセラミック基板の加熱面とは 5 ~ 500 μm 離間することがより望ましく、20 ~ 200 μm 離間することが更に望ましい。

また、図 4 は、本発明の他の実施形態であるセラミックヒータを模式的に示す底面図である。

- 25 セラミックヒータ 30 では、加熱面 31 a の全体の温度が均一になるように加熱するため、セラミック基板 31 の内部に抵抗発熱体 32 (32 a ~ 32 c) が形成されている。これらの抵抗発熱体 32 a ~ 32 c は、同心円状パターンの回路により構成されており、抵抗発熱体 32 a ~ 32 c の端部は、それぞれセラミック基板 31 の凸部の側面まで延設されている。

同心円状パターンである抵抗発熱体 32 a の外側に形成された端部は、セラミック基板 31 の凸部の側面に垂直に延設されているが、内側に形成された端部は、

この端部の直下にパイアホールを形成し、パイアホールを介して、その直下に導体回路 3 8 a を形成することにより、抵抗発熱体の端部をセラミック基板 3 1 の凸部の側面へと延設している。

また、抵抗発熱体 3 2 b、3 2 c においては、同心円状パターンの外側に形成された端部および内側に形成された端部の直下にパイアホールを形成し、パイアホールの下部に導体回路 3 8 b、3 8 c を形成することにより、抵抗発熱体の端部をセラミック基板 3 1 の凸部の側面へと延設している。

なお、図 4 に示したセラミックヒータ 3 0 については、抵抗発熱体のパターン以外の構成は、図 1 に示したセラミックヒータ 1 0 と同様であるため、その説明を省略することとする。

図 5 は、本発明のセラミックヒータ 1 0 を支持容器に固定し、ホットプレートユニットとした場合の一例を模式的に示す断面図である。

ホットプレートユニット 1 では、セラミックヒータ 1 0 の外周縁部に近い部分には貫通孔が形成され、この貫通孔にボルト 7 2 が挿通され、ボルト 7 2 の端部は支持容器の底部に固定されているとともに、セラミック基板 1 1 の下部に設置されたナット 7 3 によっても固定されている。従って、セラミックヒータ 1 0 は、支持容器底部に立設されたボルト 7 2 を介し、支持容器 4 1 の内側に支持、固定されていることになる。

この場合、セラミック基板 1 1 の略矩形状からなる凸部は、支持容器 4 1 の上部よりも外側に配置されることとなる。

また、セラミックヒータ 1 0 と、支持容器 4 1 の底部とは、略平行となるように支持、固定されている。

さらに、この状態でセラミックヒータ 1 0 の側面と支持容器 4 1 の外枠部とは、非接触となるように、わずかに離れており、空気は断熱材としての役割を果たすため、セラミックヒータ 1 0 の側面から熱が逃げにくい構成となっている。

また、抵抗発熱体 1 2 とパイアホール 1 7 を介して接続された、導体回路 1 8 の端部には、半田層（図示せず）等を介して外部端子 2 3 が接続されており、外部端子 2 3 には導電線 2 3 0 を有するソケット 2 5 が取り付けられ、この導電線 2 3 0 は、支持容器の外部に引き出され、電源（図示せず）との接続が図られて

いる。

なお、ホットプレートユニット1には、リフターピン（図示せず）を保護するガイド管45が形成され、支持容器41の底部には、冷媒導入管39が固定され、冷却することができるようになっている。

- 5 本発明のセラミックヒータ10を図5に示すような構成のホットプレートユニット1として、半導体製造工程で使用する場合、半導体ウエハ29と外部端子23等の電極部材や導電線230との距離を長くとることができるため、凸部を除いたホットプレートユニット全体を密閉された容器に入れるか、凸部のみを保護部材等により覆うことにより、セラミック基板11の凸部の側面に形成された外部端子23等の電極部材や導電線230をエッチング用ガス、クリーニング用ガス等の腐食性ガス雰囲気の外側に設置することが可能となり、電極部材が腐食性ガスに曝されることがなく、セラミックヒータの性能の低下を防止することができる。

- 15 さらに、本発明のセラミックヒータでは、図11に示したセラミックヒータのように、セラミック基板の中央部分付近に、外部端子等の電極部材や導電線を腐食性ガスから保護するための筒状セラミック体を設置する必要があるため、筒状セラミック体内部に不活性ガス等を導入することによる筒状セラミック体内への熱の逃散やセラミック基板と筒状セラミック体との接合部分を介しての熱の逃散に起因する加熱面の温度不均一を考慮する必要がなく、被加熱物である半導体ウエハを均一に加熱することができる。

また、図11のセラミックヒータ50のように、セラミック焼結体を製造した後、再焼成等により、セラミック基板と筒状セラミック体とを接合する工程を行う必要がなく、セラミックヒータの製造工程を簡略化することができる。

- 25 また、図6は、セラミック基板11の凸部の側面に形成された外部端子23等の電極部材や導電線を保護部材20で覆った場合の構成を模式的に示した断面図である。

保護部材20としては、絶縁性を有し、セラミック基板11が加熱された際にも、変形したり、変質しない耐熱性を有する材料であることが望ましく、例えば、アルミナ、シリカ、ムライト、コージェライト等の酸化物セラミック、窒化アル

ミニウム、窒化珪素等の窒化物セラミック、炭化珪素等の炭化物セラミック、耐腐食性の金属等からなるものが望ましい。

保護部材20は、ろう材からなる接合部21によりセラミック基板11にろう付けされていることが望ましい。セラミック基板11と保護部材20とを強固に固定するためである。また、接合部21の材料としては特に限定されず、例えば、アルミニウムろう、金ろう、銀ろう、リン銅ろう、黄銅ろう、ニッケルろう、パラジウムろう等を挙げることができる。

さらに、接合部21には、断熱リング等を使用してもよい。

接合部21としては、JIS Z 3261-1976に規定する銀ろう、JIS Z 3266-1977に規定する金ろう、JIS Z 3267-1976に規定するパラジウムろう、JIS Z 3262-1977に規定する黄銅ろう、JIS Z 3263-1977に規定するアルミニウム合金ろう、JIS Z 3264-1977に規定するリン銅ろう、JIS Z 3265-1976に規定するりんニッケルろうなどを使用することができる。

具体的に、銀ろうとしては、Ag 44~46重量%、Cu 14~16重量%、Zn 14~18重量%、Cd 23~35重量%の合金、金ろうとしては、Au 34.5~35.5重量%、Ni 2.5~3.5重量%の合金、パラジウムろうとしては、Pd 59.5~60.5重量%、Ni 39.5~40.5重量%の合金、黄銅ろうとしては、Cu 46~49重量%、Ni 10~11重量%、Ag 0.3~1.0重量%の合金が挙げられる。

また、アルミニウム合金ろうとしては、Cu 0.25重量%以下、Si 6.8~8.2重量%、Mn 0.1重量%以下、Fe 0.8重量%以下、残部がAlからなる合金、ニッケルろうとしては、Cr 13.0~15.0重量%、B 2.7~4.0重量%、Si 3.0~5.0重量%、Fe 4.0~5.0重量%、C 0.6~0.9重量%、残部がNiの合金、リン銅ろうとしては、P 4.8~5.3重量%、残部がCuの合金が挙げられる。

接合部21の厚さとしては、0.1~5mmが望ましい。厚すぎても薄すぎても接着性が低下するからである。

従って、半導体製造工程において、外部端子23等の電極部材や導電線230

を含めたホットプレートユニット1の全体が腐食性ガスの雰囲気下にある場合であっても、本発明のセラミックヒータ10は、外部端子23等の電極部材がセラミック基板11の凸部付近に集中しているため、図6に示すような、腐食性ガスを遮断することが可能な保護部材20で外部端子23等の電極部材や導電線230を覆うことにより、腐食性ガスから容易に保護することができ、電極部材や導電線の腐食を防止することができる。

図7は、セラミック基板11に形成された有底孔等の構成を模式的に示す底面図である。

図7に示すように、セラミック基板11には、その主面に平行であるとともに、上記凸部の側面に開口部を有する有底孔14が複数形成されている。

また、有底孔14には、測温素子180が挿入されている。

有底孔14は、その先端部がセラミック基板11の中心部および外周部等の比較的溫度が不均一化しやすい部分に位置するように形成されているため、この有底孔14に測温素子180を挿入して、セラミック基板の溫度を測定した場合に、正確に加熱面の溫度を測定することができる。

なお、図2または図3に示すように、有底孔14を抵抗発熱体12よりも相対的に加熱面11aの近く形成することで、より正確に加熱面の溫度の測定が可能となる。

また、有底孔14は、その開口部がセラミック基板11の凸部の側面に設置されていることから、上述の電極部材や導電線の場合と同様に、半導体製造工程において、測温素子180が露出している部分を腐食性ガス雰囲気の外側に配置することが可能となり、測温素子180の露出部分が腐食性ガスに曝されることがなく、測温素子180の性能が低下することを防止することができる。

また、有底孔14と加熱面11aとの距離は、0.1mm～セラミック基板の厚さの1/2であることが望ましい。

これにより、測温場所が抵抗発熱体12よりも加熱面11aに近くなり、より正確な半導体ウエハ29の溫度の測定が可能となるからである。

有底孔14と加熱面11aとの距離が0.1mm未満では、放熱してしまい、加熱面11aに溫度分布が形成され、厚さの1/2を超えると、抵抗発熱体12

の温度の影響を受けやすくなり、温度制御できなくなり、やはり加熱面 11a に温度分布が形成されてしまうからである。

有底孔 14 の直径は、0.3 mm ~ 5 mm であることが望ましい。これは、大きすぎると放熱性が大きくなり、また小さすぎると加工性が低下して加熱面 11a との距離を均等にすることができなくなるからである。

有底孔 14 は、図 7 に示したように、セラミック基板 11 の中心に対して線対称で、かつ、複数配列することが望ましい。これは、加熱面全体の温度を測定することができるからである。

測温素子 180 としては、例えば、熱電対、白金測温抵抗体、サーミスタ等が挙げられる。

また、上記熱電対としては、例えば、JIS-C-1602 (1980) に挙げられるように、K 型、R 型、B 型、S 型、E 型、J 型、T 型熱電対等が挙げられるが、これらのなかでは、K 型熱電対が好ましい。

上記熱電対の接合部の大きさは、素線の径と同じが、または、それよりも大きく、0.5 mm 以下であることが望ましい。これは、接合部が大きい場合は、熱容量が大きくなって応答性が低下してしまうからである。なお、素線の径より小さくすることは困難である。

測温素子 180 は、金ろう、銀ろうなどを使用して、有底孔 14 の底に接着してもよく、有底孔 14 に挿入した後、耐熱性樹脂で封止してもよく、両者を併用してもよい。

上記耐熱性樹脂としては、例えば、熱硬化性樹脂、特にエポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミドトリアジン樹脂などが挙げられる。これらの樹脂は、単独で用いてもよく、2 種以上を併用してもよい。

上記金ろうとしては、37 ~ 80.5 重量% Au - 63 ~ 19.5 重量% Cu 合金、81.5 ~ 82.5 重量% : Au - 18.5 ~ 17.5 重量% : Ni 合金から選ばれる少なくとも 1 種が望ましい。これらは、熔融温度が、900℃ 以上であり、高温領域でも熔融しにくいからである。

銀ろうとしては、例えば、Ag-Cu 系のものを使用することができる。

次に、本発明を構成するセラミックヒータ等の材質や形状等について、さらに

詳しく説明する。

本発明のセラミックヒータを形成するセラミックは、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックであることが望ましい。

- 窒化物セラミックや炭化物セラミックは、熱膨張係数が金属よりも小さく、機械的な強度が金属に比べて格段に高いため、セラミック基板の厚さを薄くしても、加熱により反ったり、歪んだりしない。そのため、セラミック基板を薄くて軽いものとすることができる。さらに、セラミック基板の熱伝導率が高く、セラミック基板自体が薄いため、セラミック基板の表面温度が、抵抗発熱体の温度変化に迅速に追従する。即ち、電圧、電流値を変えて抵抗発熱体の温度を変化させることにより、セラミック基板の表面温度を制御することができるのである。

上記窒化物セラミックとしては、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素、窒化チタン等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

- また、炭化物セラミックとしては、例えば、炭化ケイ素、炭化ジルコニウム、炭化チタン、炭化タンタル、炭化タングステン等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

これらのなかでは、窒化アルミニウムが最も好ましい。熱伝導率が $180\text{ W/m}\cdot\text{K}$ と最も高く、温度追従性に優れるからである。

- また、本発明のセラミック基板は、カーボンを含有し、その含有量は、 $200\sim 5000\text{ ppm}$ であることが望ましい。電極を隠蔽することができ、また黒体輻射を利用しやすくなるからである。

なお、上記セラミック基板は、明度がJIS Z 8721の規定に基づく値でN6以下のものであることが望ましい。この程度の明度を有するものが輻射熱量、隠蔽性に優れるからである。

- ここで、明度のNは、理想的な黒の明度を0とし、理想的な白の明度を10とし、これらの黒の明度と白の明度との間で、その色の明るさの知覚が等歩度となるように各色を10分割し、N0～N10の記号で表示したものである。

そして、実際の測定は、N0～N10に対応する色票と比較して行う。この場合の小数点1位は0または5とする。

また、本発明においては、抵抗発熱体をセラミック基板の内部に埋設する。

抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する場合は、上記抵抗発熱体は、加熱面の反対側の面から厚さ方向に60%以下の位置に形成されていることが望ましい。60%を超えると、加熱面に近すぎるため、上記セラミック基板内を伝搬する熱が十分に拡散されず、加熱面に温度ばらつきが発生してしまうからである。

抵抗発熱体を形成する場合は、抵抗発熱体形成層を複数層設けてもよい。この場合は、各層のパターンは、相互に補完するようにどこかの層に抵抗発熱体が形成され、加熱面の上方から見ると、どの領域にもパターンが形成されている状態が望ましい。このような構造としては、例えば、互いに千鳥の配置になっている構造が挙げられる。

セラミック基板の内部に形成された抵抗発熱体は、その厚さは、1～50 μm が好ましい。セラミック基板に形成された抵抗発熱体は、抵抗発熱体の幅は、5～20 μm が好ましい。

抵抗発熱体は、その幅や厚さにより抵抗値に変化を持たせることができるが、上記した範囲が最も実用的である。抵抗値は、薄く、また、細くなる程大きくなる。抵抗発熱体は、セラミック基板の内部に形成した場合の方が、厚み、幅とも大きくなるが、抵抗発熱体を内部に設けると、加熱面と抵抗発熱体との距離が短くなり、表面の温度の均一性が低下するため、抵抗発熱体自体の幅を広げる必要があること、内部に抵抗発熱体を設けるために、窒化物セラミック等との密着性を考慮する必要性がないため、タングステン、モリブデンなどの高融点金属やタングステン、モリブデンなどの炭化物を使用することができ、抵抗値を高くすることが可能となるため、断線等を防止する目的で厚み自体を厚くしてもよい。そのため、抵抗発熱体は、上記した厚みや幅とすることが望ましい。

抵抗発熱体の形成位置をこのように設定することにより、抵抗発熱体から発生した熱が伝搬していくうちに、セラミック基板全体に拡散し、被加熱物（半導体ウエハ）を加熱する面の温度分布が均一化され、その結果、被加熱物の各部分における温度が均一化される。

抵抗発熱体は、断面が矩形であっても楕円であってもよいが、偏平であることが望ましい。偏平の方が加熱面に向かって放熱しやすいため、加熱面の温度分布

ができにくいからである。

断面のアスペクト比（抵抗発熱体の幅／抵抗発熱体の厚さ）は、10～5000であることが望ましい。

- この範囲に調整することにより、抵抗発熱体の抵抗値を大きくすることができるとともに、加熱面の温度の均一性を確保することができるからである。

- 抵抗発熱体の厚さを一定とした場合、アスペクト比が上記範囲より小さいと、セラミック基板の加熱面方向への熱の伝搬量が小さくなり、抵抗発熱体のパターンに近似した熱分布が加熱面に発生してしまい、逆にアスペクト比が大きすぎると抵抗発熱体の中央の直上部分が高温となってしまう、結局、抵抗発熱体のパターンに近似した熱分布が加熱面に発生してしまう。従って、温度分布を考慮すると、断面のアスペクト比は、10～5000であることが好ましいのである。

また、抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する場合は、アスペクト比を200～5000とすることが望ましい。

- 抵抗発熱体は、セラミック基板の内部に形成した場合の方が、アスペクト比が大きくなるが、これは、抵抗発熱体を内部に設けると、加熱面と抵抗発熱体との距離が短くなり、表面の温度均一性が低下するため、抵抗発熱体自体を扁平にする必要があるからである。

- また、抵抗発熱体を形成する際に用いる、導体ペーストとしては特に限定されないが、導電性を確保するための金属粒子または導電性セラミックが含有されているほか、樹脂、溶剤、増粘剤などを含むものが好ましい。

- 上記金属粒子としては、例えば、貴金属（金、銀、白金、パラジウム）、鉛、タングステン、モリブデン、ニッケルなどが好ましく、中でも、貴金属（金、銀、白金、パラジウム）がより好ましい。また、これらは、単独で用いてもよいが、2種以上を併用することが望ましい。これらの金属は、比較的酸化しにくく、発熱するに十分な抵抗値を有するからである。

上記導電性セラミックとしては、例えば、タングステン、モリブデンの炭化物などが挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

これら金属粒子または導電性セラミック粒子の粒径は、0.1～100 μm が好ましい。0.1 μm 未満と微細すぎると、酸化されやすく、一方、100 μm

を超えると、焼結しにくくなり、抵抗値が大きくなるからである。

上記金属粒子の形状は、球状であっても、リン片状であってもよい。これらの金属粒子を用いる場合、上記球状物と上記リン片状物との混合物であってよい。

- 上記金属粒子がリン片状物、または、球状物とリン片状物との混合物の場合は、
- 5 金属粒子間の金属酸化物を保持しやすくなり、抵抗発熱体と窒化物セラミック等との密着性を確実にし、かつ、抵抗値を大きくすることができるため有利である。

導体ペーストに使用される樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂などが挙げられる。また、溶剤としては、例えば、イソプロピルアルコールなどが挙げられる。増粘剤としては、セルロースなどが挙げられる。

- 10 導体ペーストには、上記したように、金属粒子に金属酸化物を添加し、抵抗発熱体を金属粒子および金属酸化物を焼結させたものとするのが望ましい。このように、金属酸化物を金属粒子とともに焼結させることにより、セラミック基板である窒化物セラミックまたは炭化物セラミックと金属粒子とを密着させることができる。

- 15 金属酸化物を混合することにより、窒化物セラミックまたは炭化物セラミックと密着性が改善される理由は明確ではないが、金属粒子表面や窒化物セラミック、炭化物セラミックの表面は、わずかに酸化されて酸化膜が形成されており、この酸化膜同士が金属酸化物を介して焼結して一体化し、金属粒子と窒化物セラミックまたは炭化物セラミックとが密着するのではないかと考えられる。

- 20 上記金属酸化物としては、例えば、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素 (B_2O_3)、アルミナ、イットリアおよびチタニアからなる群から選ばれる少なくとも1種が好ましい。

- これらの酸化物は、抵抗発熱体の抵抗値を大きくすることなく、金属粒子と窒化物セラミックまたは炭化物セラミックとの密着性を改善することができるから
- 25 である。

上記酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素 (B_2O_3)、アルミナ、イットリア、チタニアの割合は、金属酸化物の全量を100重量部とした場合、重量比で、酸化鉛が1～10、シリカが1～30、酸化ホウ素が5～50、酸化亜鉛が20～70、アルミナが1～10、イットリアが1～50、チタニアが1～50

であって、その合計が100重量部を超えない範囲で調整されていることが望ましい。

これらの範囲で、これらの酸化物の量を調整することにより、特に窒化物セラミックとの密着性を改善することができる。

- 5 上記金属酸化物の金属粒子に対する添加量は、0.1重量%以上10重量%未満が好ましい。

また、抵抗発熱体として金属箔や金属線を使用することもできる。上記金属箔としては、ニッケル箔、ステンレス箔をエッチング等でパターン形成して抵抗発熱体としたものが望ましい。パターン化した金属箔は、樹脂フィルム等ではり合

- 10 わせてもよい。金属線としては、例えば、タングステン線、モリブデン線等が挙げられる。

また、抵抗発熱体を形成した際の面積抵抗率は、 $0.1\text{ m}\Omega \sim 10\Omega/\square$ が好ましい。面積抵抗率が $0.1\text{ m}\Omega/\square$ 未満の場合、発熱量を確保するために、抵抗発熱体パターンの幅を $0.1 \sim 1\text{ mm}$ 程度と非常に細くしなければならず、このため、パターンのわずかな欠け等で断線したり、抵抗値が変動し、また、面積

- 15 抵抗率が $10\Omega/\square$ を超えると、抵抗発熱体パターンの幅を大きくしなければ、発熱量を確保できず、その結果、パターン設計の自由度が低下し、加熱面の温度を均一にすることが困難となるからである。

また、別の実施形態に係るセラミックヒータでは、セラミックヒータを構成するセラミック基板は、ウエハ加熱領域よりも大きな直径をもつ円板形状の基体か

- 20 らなり、そのウエハ加熱領域の外側に外部端子が形成されてなる。

図9(a)は、上述した構成のセラミックヒータを示す断面図であり、(b)は、平面図である。

このセラミックヒータ90では、セラミック基板91は、ウエハ加熱領域よりも直径が大きく、抵抗発熱体92、外部端子95、および、抵抗発熱体と外部端

- 25 子とを電氣的に接続する導電体93により加熱が行なわれる。

このセラミックヒータ90では、セラミック基板91のウエハ加熱領域の外側にシールリング97が形成され、その上にチャンバ94が形成されている。また、下側には、保護容器が設置されている。なお、図9において、ウエハ加熱領域を

Aで示している。

このセラミックヒータ90では、セラミック基板91のウエハ加熱領域Aの外側に給電端子（外部端子）95を形成することで、腐食ガスに暴露される部分をウエハ加熱領域Aに留めることができ、外部端子95や外部端子95と抵抗発熱体92とを接続する導電体93が腐食性ガスに曝されることがなく、半導体ウエハを均一に加熱することができる

また、本発明のセラミック基板の内部に静電電極層が形成された場合には、上記セラミック基板は、静電チャックとして機能する。この場合、この静電チャックを構成するセラミック基板は、静電電極が形成されていることを除いて、上記したセラミックヒータとほぼ同様に構成されている。

また、本発明のセラミック基板には、表面にチャックトップ導体層を設け、内部にガード電極、グランド電極等を設けることによりウエハプローバ用のチャックトップ板として機能する。

次に、セラミック基板11に抵抗発熱体12a～12cが形成されたセラミックヒータ10（図1～3参照）の製造方法について、図10に基づいて説明する。

（1）セラミック基板の作製工程

まず、窒化物セラミック等のセラミックの粉末をバインダ、溶剤等と混合してペーストを調製し、これを用いて円板状の基体と略矩形状の凸部とからなるグリーンシート70を作製する。

上述した窒化物等のセラミック粉末としては、窒化アルミニウム等を使用することができ、必要に応じて、イットリア等の焼結助剤、Na、Caを含む化合物等を加えてもよい。

また、バインダとしては、アクリル系バインダ、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。

さらに溶媒としては、 α -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。

これらを混合して得られるペーストをドクターブレード法でシート状に成形してグリーンシートを作製する。

グリーンシートの厚さは、0.1～5mmが好ましい。

次に、抵抗発熱体の端部と導体回路とを接続するためのバイアホールとなる部分を形成したグリーンシート、導体回路と外部端子とを接続するためのスルーホールとなる部分を形成したグリーンシート、および、有底孔となる部分を形成したグリーンシートを作成する。

5 (2) グリーンシート上に導体ペーストを印刷する工程

バイアホールになる部分を形成したグリーンシート70上に、抵抗発熱体12を形成するための金属ペーストまたは導電性セラミックを含む導体ペーストを印刷し、抵抗発熱体用導体ペースト層120を形成する。

また、バイアホールになる部分を形成したグリーンシート70の下には、導体回路用導体ペースト層180を形成する。

また、バイアホールになる部分には、バイアホール用の導体ペースト充填層170を形成し、スルーホールとなる部分には、スルーホール用導体ペースト充填層130を形成する。

これらの導電ペースト中には、金属粒子または導電性セラミック粒子が含まれている。

なお、バイアホールとなる部分およびスルーホールとなる部分には、上記ペースト中にカーบอนを加えておいたものを充填してもよい。グリーンシート中のカーบอนは、スルーホール中に充填されたタングステンやモリブデンと反応し、これらの炭化物が形成されるからである。

20 上記金属粒子であるタングステン粒子またはモリブデン粒子の平均粒子径は、 $0.1 \sim 5 \mu\text{m}$ が好ましい。平均粒子が $0.1 \mu\text{m}$ 未満であるか、 $5 \mu\text{m}$ を超えると、導体ペーストを印刷しにくいからである。

このような導体ペーストとしては、例えば、金属粒子または導電性セラミック粒子85～87重量部；アクリル系、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種のバインダ1.5～10重量部；および、 α -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも1種の溶媒を1.5～10重量部を混合した組成物（ペースト）が挙げられる。

(3) グリーンシートの積層工程

有底孔となる部分が形成されたグリーンシート70の上下に導体ペーストを印

刷していないグリーンシート70を積層した後、その下側に、導体ペーストを印刷したグリーンシート70および導体ペーストを印刷していないグリーンシート70を積層する（図10（a）参照）。

- このとき、導体ペーストを印刷したグリーンシート70が積層したグリーンシートの厚さに対して、底面から60%以下の位置になるように積層する。

具体的には、上側のグリーンシートの積層数は20～50枚が、下側のグリーンシートの積層数は5～20枚が好ましい。

（4）グリーンシート積層体の焼成工程

- グリーンシート積層体の加熱、加圧を行い、グリーンシートおよび内部の導体ペーストを焼結させる。

また、加熱温度は、1000～2000℃が好ましく、加圧の圧力は、10～20MPaが好ましい。加熱は、不活性ガス雰囲気中で行う。不活性ガスとしては、例えば、アルゴン、窒素などを使用することができる。

- 次に、得られた焼結体に、半導体ウエハ29を支持するためのリフターピン16を挿入するリフターピン用貫通孔15、抵抗発熱体12を外部端子23と接続するためのスルーホール13等を形成する（図10（b）参照）。

上述の貫通孔を形成する工程は、上記グリーンシート積層体に対して行ってもよいが、上記焼結体に対して行うことが望ましい。焼結過程において、変形するおそれがあるからである。

- なお、貫通孔は、表面研磨後に、サンドブラスト等のブラスト処理を行うことにより形成することができる。また、内部の抵抗発熱体12と接続するためのスルーホール13を露出させるために袋孔19を形成し（図10（c）参照）、この袋孔19に半田やろう材を介して外部端子23を挿入し、加熱してリフローすることにより、外部端子23をスルーホール13に接続する（図10（d）参照）。
- 加熱温度は、半田処理の場合は、90～450℃が好適であり、ろう材での処理の場合には、900～1100℃が好適である。

さらに、有底孔14に測温素子としての熱電対（図示せず）などを銀ろう、金ろうなどで取り付け、ポリイミドなどの耐熱性樹脂で封止し、セラミックヒータ10の製造を終了する。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明を実施例によりさらに詳細に説明する。

(実施例 1)

5 セラミックヒータ (図 1～3 および図 10 参照) の製造

(1) 窒化アルミニウム粉末 (トクヤマ社製、平均粒径 $0.6 \mu\text{m}$) 100 重量部、アルミナ 4 重量部、アクリル系樹脂バインダ 11.5 重量部、分散剤 0.5 重量部および 1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール 53 重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法により成形を行って、厚さ 0.47 mm とした。

(2) 次に、このグリーンシートを 80°C で 5 時間乾燥させた後、スルーホール 13 となる部分、パイアホール 17 となる部分、および、有底孔 14 となる部分をパンチング等により設けた。

(3) 平均粒径 $1 \mu\text{m}$ のタングステンカーバイト粒子 100 重量部、アクリル系バインダ 3.0 重量部、 α -テルピネオール溶媒 3.5 重量部および分散剤 0.3 重量部を混合して導体ペースト A を調整した。

平均粒径 $3 \mu\text{m}$ のタングステン粒子 100 重量部、アクリル系バインダ 1.9 重量部、 α -テルピネオール溶媒 3.7 重量部および分散剤 0.2 重量部を混合して導体ペースト B を調整した。

20 この導体ペースト A をグリーンシート上にスクリーン印刷で印刷し、抵抗発熱体用導体ペースト層 120 および導体回路用導体ペースト層 180 を形成した。印刷パターンは、図 1 に示すように、セラミック基板 11 の外周部分が屈曲線の繰り返しパターンで、内周部分が同心円状のパターンとした。

さらに、外部端子 23 を接続するためのスルーホール 13 および抵抗発熱体 12 と導体回路 18 を接続するパイアホール 17 となる部分に導体ペースト B を充填し、スルーホール用充填層 130 およびパイアホール用充填層 170 を形成した。(図 10 (a) 参照)

上記処理の終わったグリーンシートに、さらに、導体ペーストを印刷していないグリーンシートを上側 (加熱面) に 37 枚、下側に 13 枚積層し、 130°C 、

8 MPa の圧力で圧着して積層体を形成した。(図 10 (b) 参照)

- (4) 次に、得られた積層体を窒素ガス中、600℃で5時間脱脂し、1890℃、圧力15 MPaで10時間ホットプレスし、厚さ3 mmで、内部に厚さ6 μm、幅10 mmの抵抗発熱体12および導体回路18を有するセラミック板状体とした。

さらに、このセラミック板状体を研削加工して、円板形状と凸部とからなる形状とした。研削加工により、直径34.0 mmの円板形状の基体と縦方向の長さが150 mm、横方向の長さが50 mmの略矩形状の凸部とが一体化された形状となった。

- 10 また、形成された有底孔14は、セラミック基板11の主面に平行であるとともに、セラミック基板11の凸部の側面に開口部を有し、有底孔14の先端部は、セラミック基板11の中央部や外周部に配置されている。

- (5) 次に、(4) で得られたセラミック板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC粒子等によるブラスト処理により、半導体ウエハ29を運搬等するためのリフターピン16を挿入するためのリフターピン用貫通孔15を形成した。

- (6) 次に、スルーホール13が形成されている部分をえぐりとして袋孔19とし(図10(c)参照)、この袋孔19にNi-Auからなる金ろうを用い、700℃で加熱リフローしてコパール製の外部端子23を接続させた(図10(d)参照)。

(7) 温度制御のための測温素子180を有底孔14に埋め込み、本発明のセラミックヒータ10を得た。

(実施例2)

- 図4に示したように、すべての抵抗発熱体が同心円状のパターンであり、その端部がセラミック基板31の凸部の側面へと延設された抵抗発熱体32を形成した以外は、実施例1と同様にして、セラミックヒータ30を製造した。

(実施例3)

セラミックヒータを、図9に示した構成とし、セラミック基板の直径をウエハ加熱領域の2倍の直径である400 mmとした。そして、セラミック基板の製造

条件については、実施例 1 と同様にして、セラミックヒータ 90 を製造した。

(比較例 1)

図 11 に示すような、筒状セラミック体 57 を有する構成のセラミックヒータ 50 を製造した。基本的なセラミック基板の製造方法は、実施例 1 と同様である
5 が、セラミック基板の形状や抵抗発熱体のパターン等は、実施例 1 の場合と異なる。

なお、筒状セラミック体 57 の内部には、不活性ガスとして、窒素ガスを導入した。

実施例 1 ～ 3 および比較例 1 に係るセラミックヒータを支持容器に固定した後、
10 シリコンウェハを載置し、下記の方法により評価した。その結果を表 1 に示す。

評価方法

(1) 電極部材および導電線の観察

塩素ガス雰囲気中、セラミックヒータを 200℃まで昇温した後における、セラミックヒータに形成された電極部材および導電線の腐食の状態を観察した。

15 なお、実施例 1, 2 のセラミックヒータでは、凸部を除いた部分のみを塩素ガス雰囲気とした。

(2) 加熱面内温度均一性

セラミックヒータを 200℃まで昇温した後、サーモピュア（日本データム社製 IR-16-2012-0012）によりシリコンウェハの最高温度と最低
20 温度とを測定し、その温度差を算出した。

(3) セラミックヒータの加熱面の温度観察

実施例 1 および比較例 1 に係るセラミックヒータを 550℃に温度設定して昇温し、加熱面をサーモピュアにて観察した。結果を図 12 に示す。図 12 (a) は、実施例 1 に係るセラミックヒータの加熱面を観察したサーモピュア写真であ
25 り、図 12 (b) は、比較例 1 に係るセラミックヒータの加熱面を観察したサーモピュア写真である。

(4) 投入電力と温度の測定

実施例 1 および比較例 1 に係るセラミックヒータを昇温し、投入電力および温度を測定した。図 14 は、そのときの投入電力と温度との関係を示したグラフで

ある。

表 1

	電極部材および導電線の腐食	加熱面内温度均一性(℃)
実施例1	無	1.0
実施例2	無	0.8
実施例3	無	0.5
比較例1	無	4.0

- 表1に示すように、実施例1～3および比較例1に係るセラミックヒータでは、
5. 塩素ガスによる電極部材および導電線の腐食は見られなかった。

これは、実施例1～3に係るセラミックヒータでは、電極部材および導電線を塩素ガス雰囲気の外側に配置することができ、腐食性ガスに曝されなかったためであると考えられた。

- また、比較例1に係るセラミックヒータでは、電極部材および導電線が腐食性
10. ガスを遮断する材料により保護されているためであると考えられた。

一方、比較例1に係るセラミックヒータでは、実施例1～3に係るセラミックヒータに比べて、加熱面内の温度にばらつきが見られた。

- これは、比較例1に係るセラミックヒータでは、セラミック基板の中央部分付近に、外部端子等の電極部材や導電線を腐食性ガスから保護するための筒状セラ
15. ミック体が設置されているため、筒状セラミック体内部に不活性ガスを導入することによる筒状セラミック体内への熱の逃散やセラミック基板と筒状セラミック体との接合部分を介しての熱の逃散に起因して加熱面の温度不均一が発生したものと考えられた。

- また、図12に示すように、セラミックヒータの最高温度と最低温度との温度
20. 差 ΔT は、比較例1に係るセラミックヒータでは、中心の温度が低く、 $\Delta T=6.5^{\circ}\text{C}$ となっているが、実施例1に係るセラミックヒータでは、加熱面の温度が均一で、 $\Delta T=0.7^{\circ}\text{C}$ である。

また、図14に示すように、実施例1に係るセラミックヒータでは、700℃まで昇温しても、投入電力は3kwであったが、比較例1に係るセラミックヒータでは、7kwまで投入電力が必要であった。理由は明確ではないが、中心部に接続する筒状セラミック体から熱が伝達流出してしまい、所定温度に昇温するための余分な投入電力が必要となるためであると考えられる。

このように本発明のセラミックヒータは省電力に優れているのである。

(実施例4～8) セラミック基板の熱伝導率を変えたセラミックヒータの製造
実施例1の(1)の工程の代わりに、SiC粉末(トクヤマ社製、平均粒径0.5μm)100重量部、B₄C5重量部、アクリル系樹脂バインダ11.5重量部、分散剤0.5重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法により成形を行って、厚さ0.47mmとした。

また、実施例1の(4)の工程で、600℃で5時間脱脂し、常圧で焼成して多孔体とした。このとき、表2に示すような焼成条件で焼結を行うことにより、熱伝導率を調整した。

上記工程以外の工程は、実施例1と同様にして、セラミックヒータを製造した。

なお、SiCは電気伝導性をもつが、多孔質であれば抵抗発熱体の方が抵抗値が小さいため、電流は抵抗発熱体を流れる。このため内部に抵抗発熱体を埋めたセラミックヒータとして使用できるのである。

(比較例2～6) セラミック基板の熱伝導率を変えたセラミックヒータの製造
SiC粉末(トクヤマ社製、平均粒径0.5μm)100重量部、B₄C5重量部、アクリル系樹脂バインダ11.5重量部、分散剤0.5重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合したペーストを用い、ドクターブレード法により成形を行って、厚さ0.47mmとし、さらに、600℃で5時間脱脂し、常圧で表2に示すような焼成条件で焼結を行うことにより多孔体とした以外は、比較例1と同様にして、セラミックヒータを製造した。

なお、実施例4～8および比較例2～6に係るセラミックヒータを構成するセラミック基板の熱伝導率および気孔率を表2に示す。

また、図13に、実施例4～8および比較例2～6に係るセラミックヒータの

面内温度と熱伝導率との関係を示す。

表 2

	焼成条件		熱伝導率(W/m・K)	気孔率(%)
	温度(°C)	時間(hour)		
実施例4	1900	3	63	40
実施例5	1900	5	68	38
実施例6	2000	3	70	32
実施例7	2000	5	75	30
実施例8	2100	3	77	28
比較例2	1900	3	63	40
比較例3	1900	5	68	38
比較例4	2000	3	70	32
比較例5	2000	5	75	30
比較例6	2100	3	77	28

図13に示すように、本発明の構造の方がセラミック基板の熱伝導率への依存
5 の仕方がはるかに小さく、面内温度均一性に優れていることが判る。

比較例2～6に係るセラミックヒータでは、筒状セラミック体が熱を伝達させ
てしまうため、セラミック基板の熱伝導率が高くなると筒状セラミック体が接合
されているセラミックヒータの中心温度が低下し、逆にセラミック基板の熱伝導
率の下がると筒状セラミック体が断熱材の機能を持ってしまう、中心温度が上昇
10 する。

一方、本発明に係るセラミックヒータでは、筒状セラミック体が存在しないた
め、このような問題が発生せず、セラミック基板の熱伝導率に依存せず、面内温
度均一性に優れている。

15 産業上利用の可能性

以上説明したように本発明のセラミックヒータによれば、セラミック基板が円
板状の基体と凸部とが一体に形成された形状からなり、抵抗発熱体と外部端子と
の接続が、この凸部の側面で行われていることから、上記セラミックヒータを支
持容器に固定し、半導体ウエハを載置して、半導体製造工程で使用する場合に、
20 外部端子等の電極部材や導電線を腐食性ガス雰囲気の外側に形成することが可能

であるため、電極部材が腐食性ガスに曝されることがなく、セラミックヒータの性能の低下を防止することができる。

- また、本発明のセラミックヒータは、半導体製造工程において、電極部材が腐食性ガス雰囲気にある場合であっても、電極部材がセラミック基板の凸部付近に
- 5 集中しているため、この部分のみを腐食性ガスを遮断することが可能なセラミック等からなる保護部材で覆うことにより、腐食性ガスから容易に保護することができ、電極部材の腐食を防止することができる。

- さらに、本発明のセラミックヒータでは、従来のセラミックヒータのように、セラミック基板の中央部分付近に、外部端子等の電極部材や導電線を腐食性ガス
- 10 から保護するための筒状セラミック体を設置する必要があるため、筒状セラミック体内部に不活性ガス等を導入することによる筒状セラミック体内への熱の逃散やセラミック基板と筒状セラミック体との接合部分を介しての熱の逃散に起因する加熱面の温度不均一を考慮する必要がなく、被加熱物である半導体ウエハを均一に加熱することができる。

請求の範囲

1. セラミック基板の内部に抵抗発熱体が形成された半導体製造・検査装置用セラミックヒータであって、

- 5 前記セラミック基板は、ウエハ加熱領域の外に給電端子が露出形成されていることを特徴とする半導体製造・検査装置用セラミックヒータ。

2. 前記ウエハ加熱領域は、セラミック基板のウエハと対向する面から該ウエハと対向する面の反対側の面に至る部分である請求の範囲1に記載の半導体製造

- 10 ・検査装置用セラミックヒータ。

3. 前記セラミック基板は、円板形状の基体と、その側面に形成された凸部により構成され、前記セラミック基板の内部の抵抗発熱体と外部端子との接続は、凸部内の導電体を介してなされている請求の範囲1または2に記載の半導体製造

- 15 ・検査装置用セラミックヒータ。

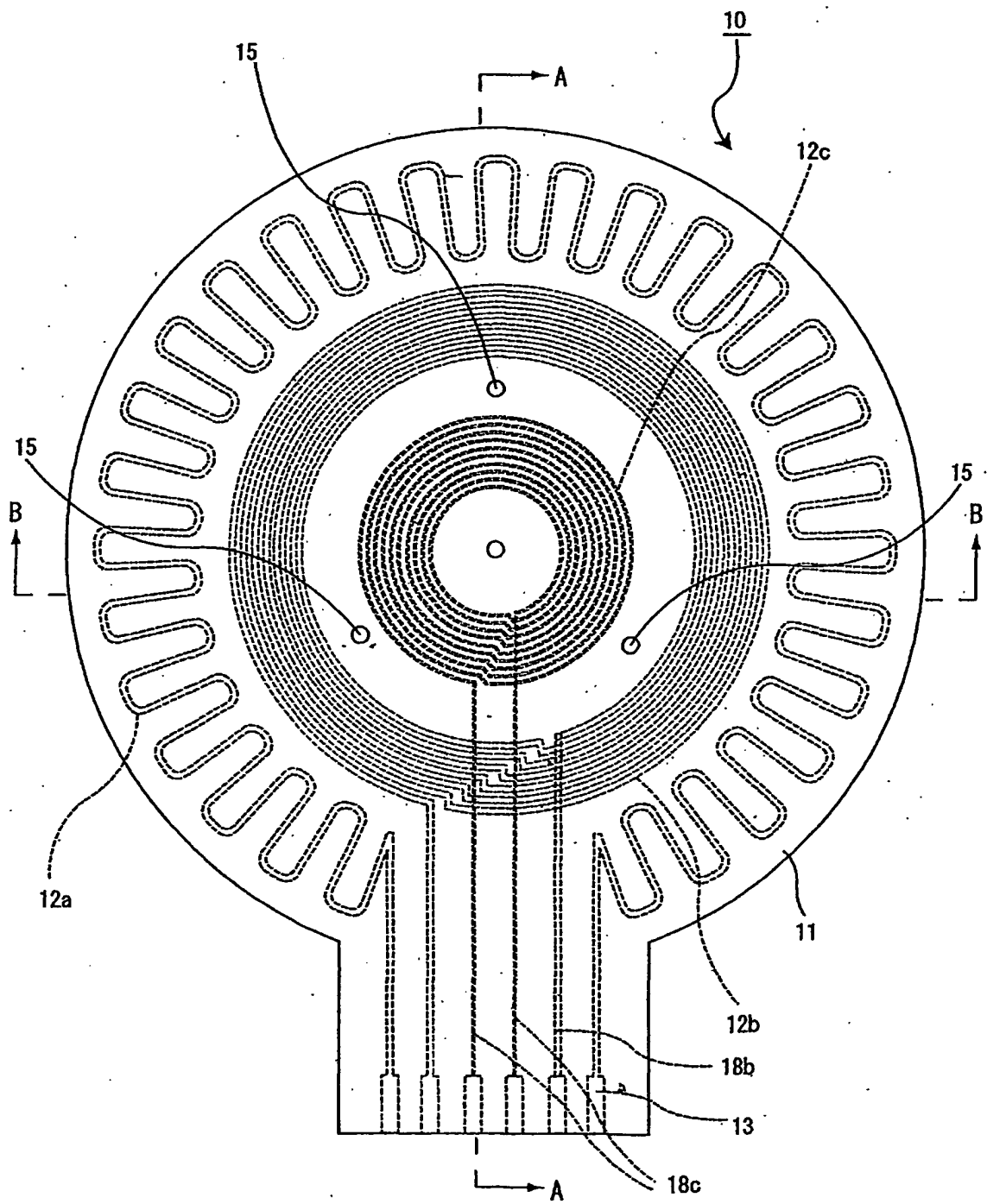
4. 前記セラミック基板は、ウエハ加熱領域よりも大きな直径をもつ円板形状の基体からなり、そのウエハ加熱領域の外側に外部端子が形成されてなる請求の範囲1または2に記載の半導体製造・検査装置用セラミックヒータ。

20

5. 前記セラミック基板は、その側面に有底孔が形成され、その有底孔に測温素子が挿入されてなる請求の範囲1～4のいずれか1に記載の半導体製造・検査装置用セラミックヒータ。

1/14

1



2/14

図2

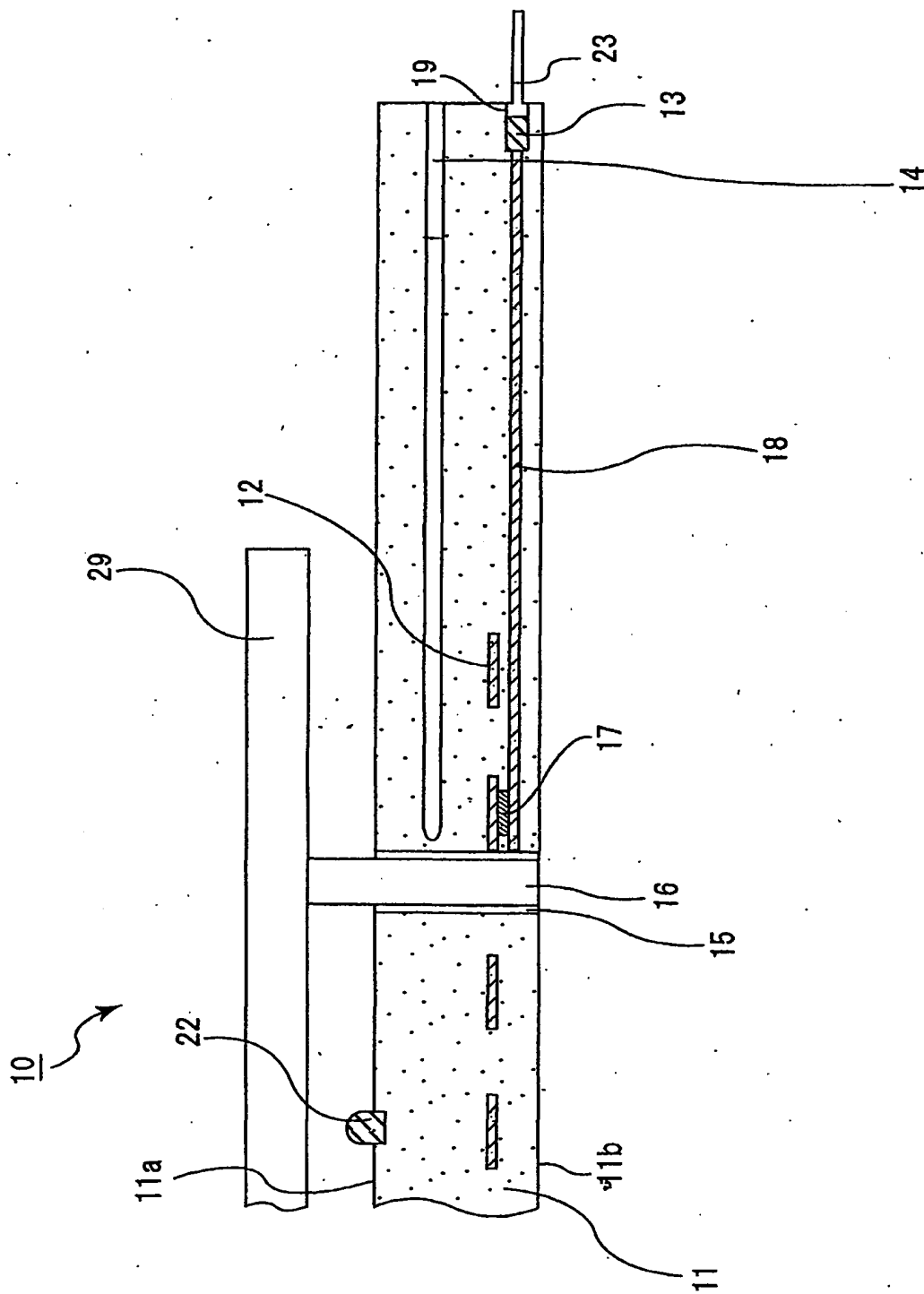
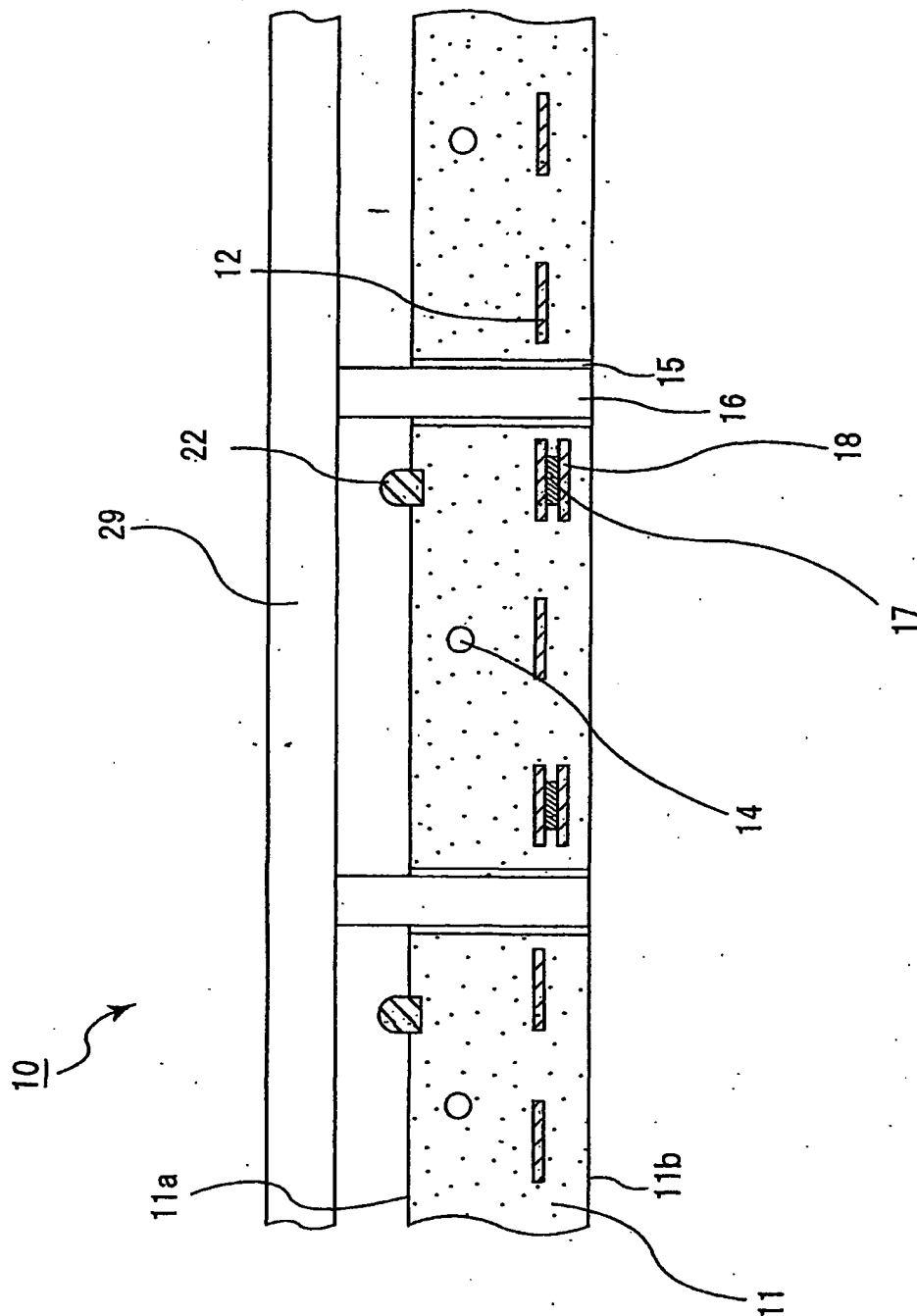
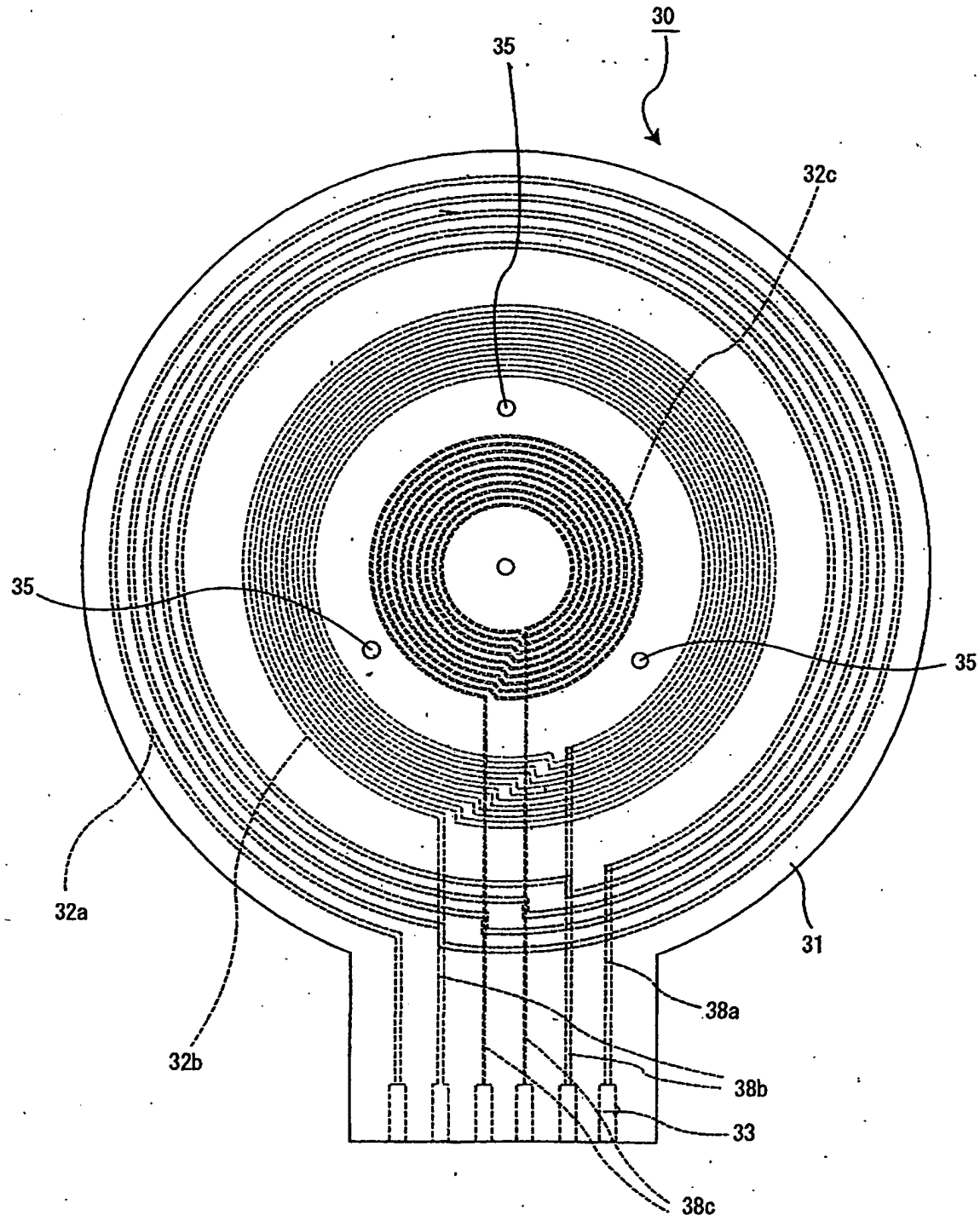


図3



4/14

図4



5/14

図5

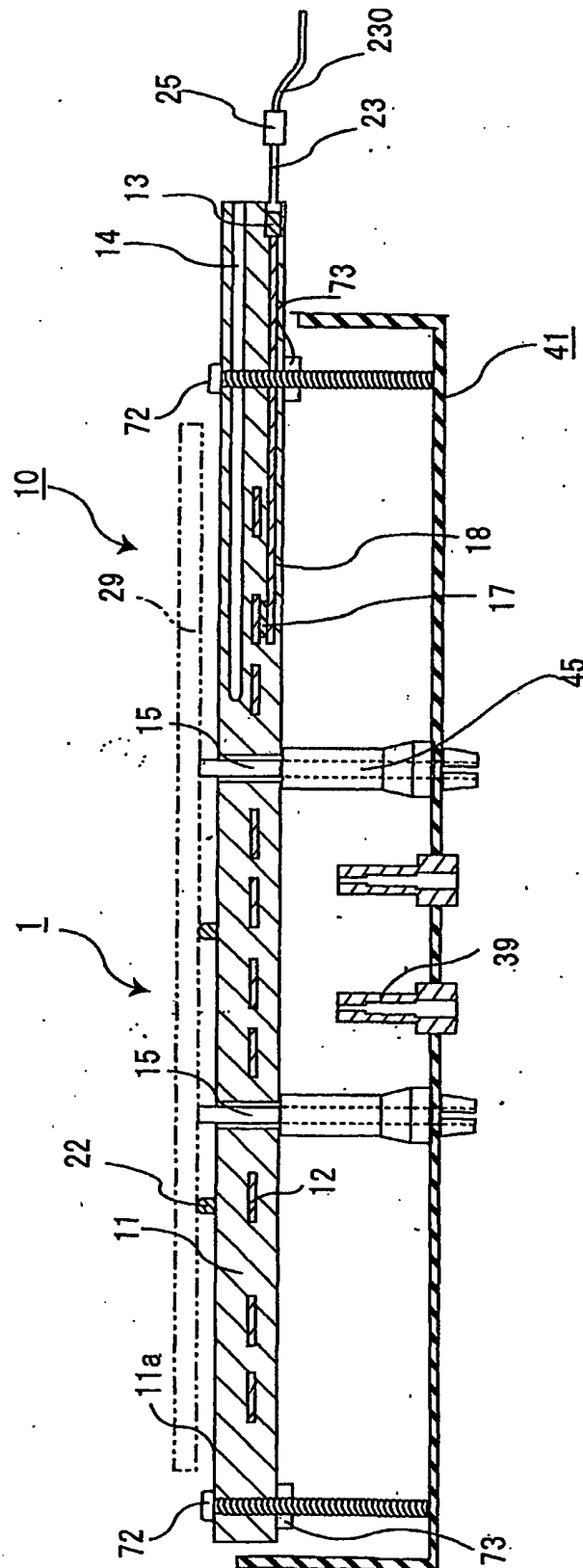
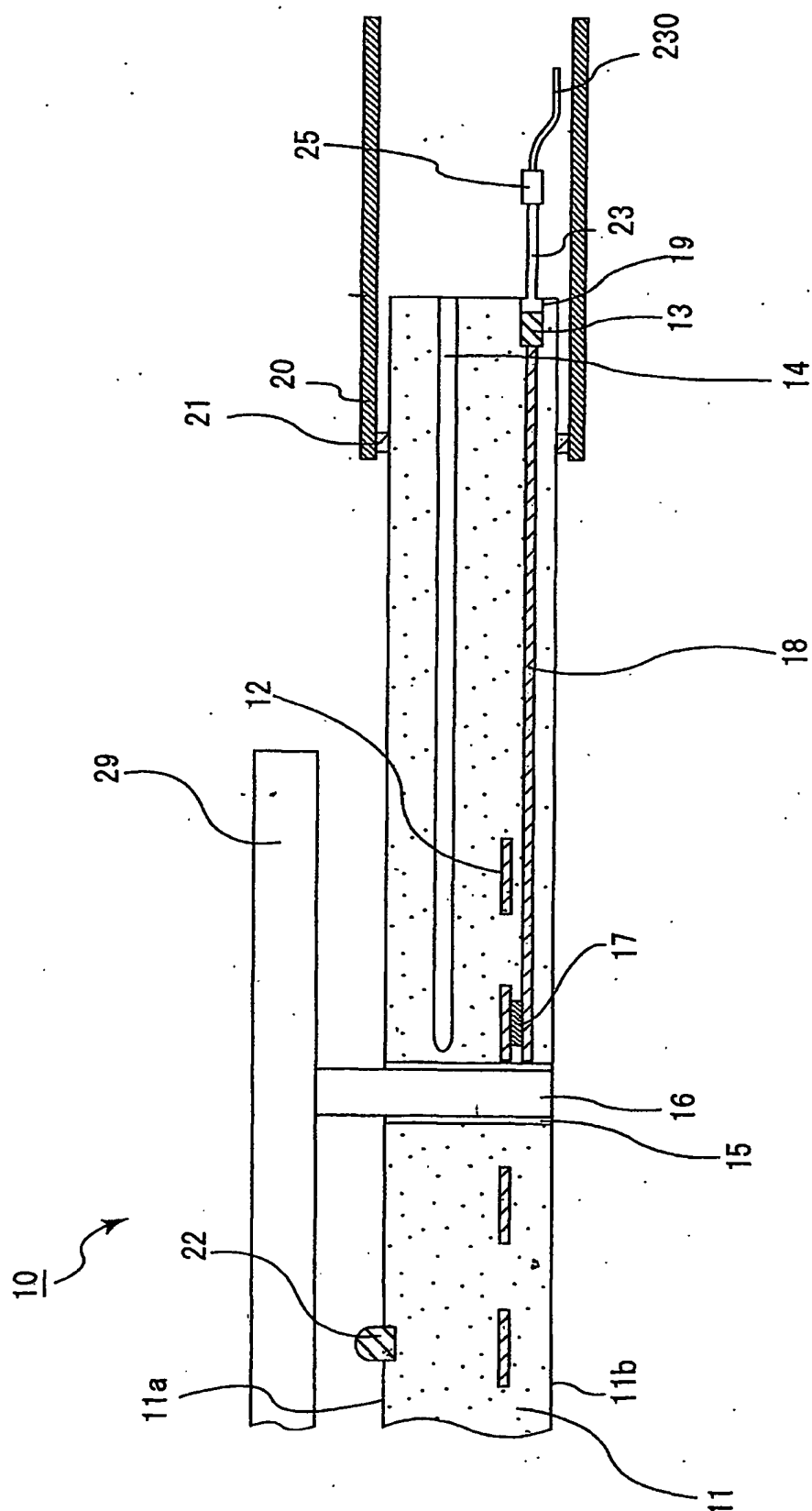
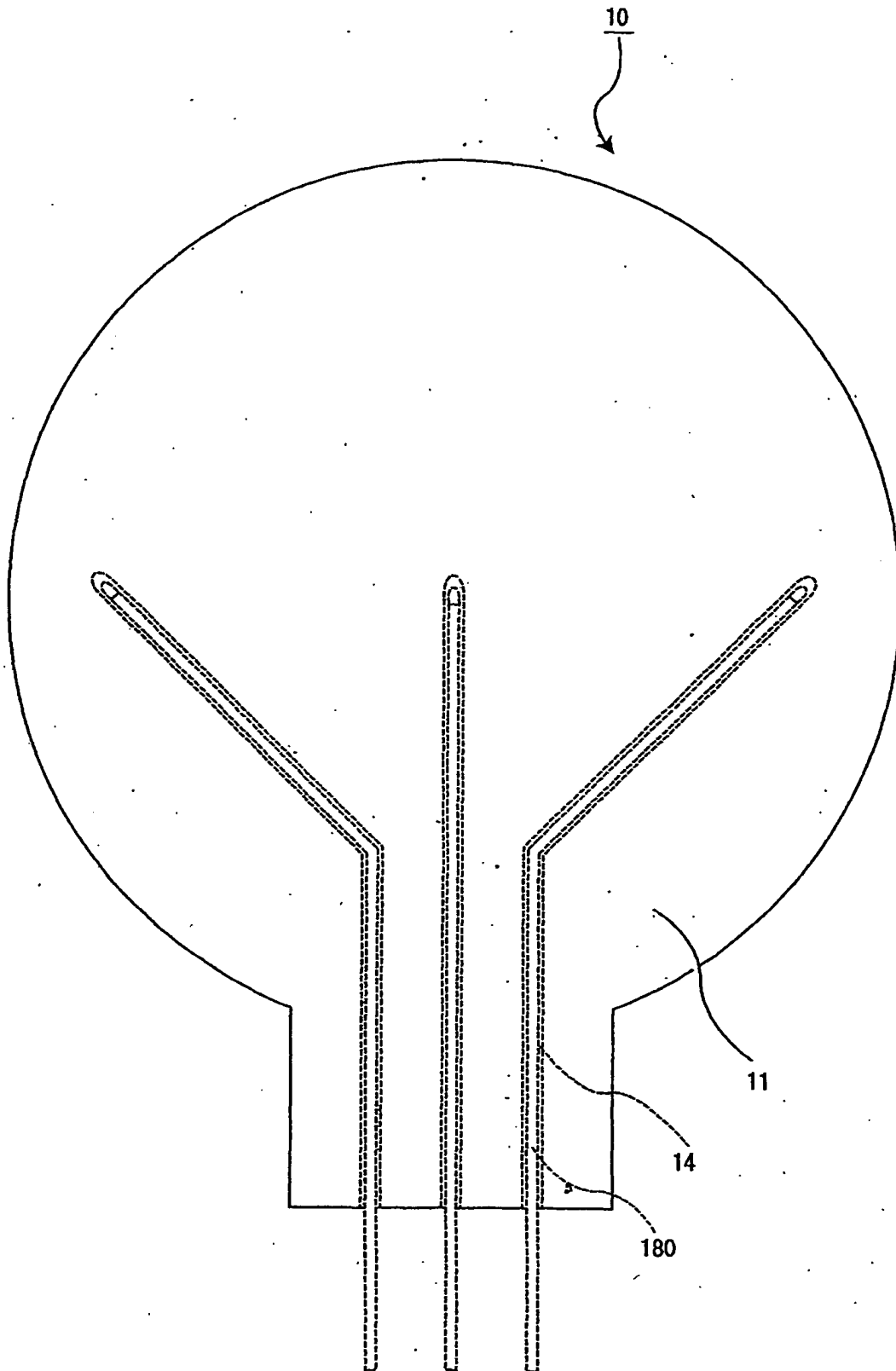


图6



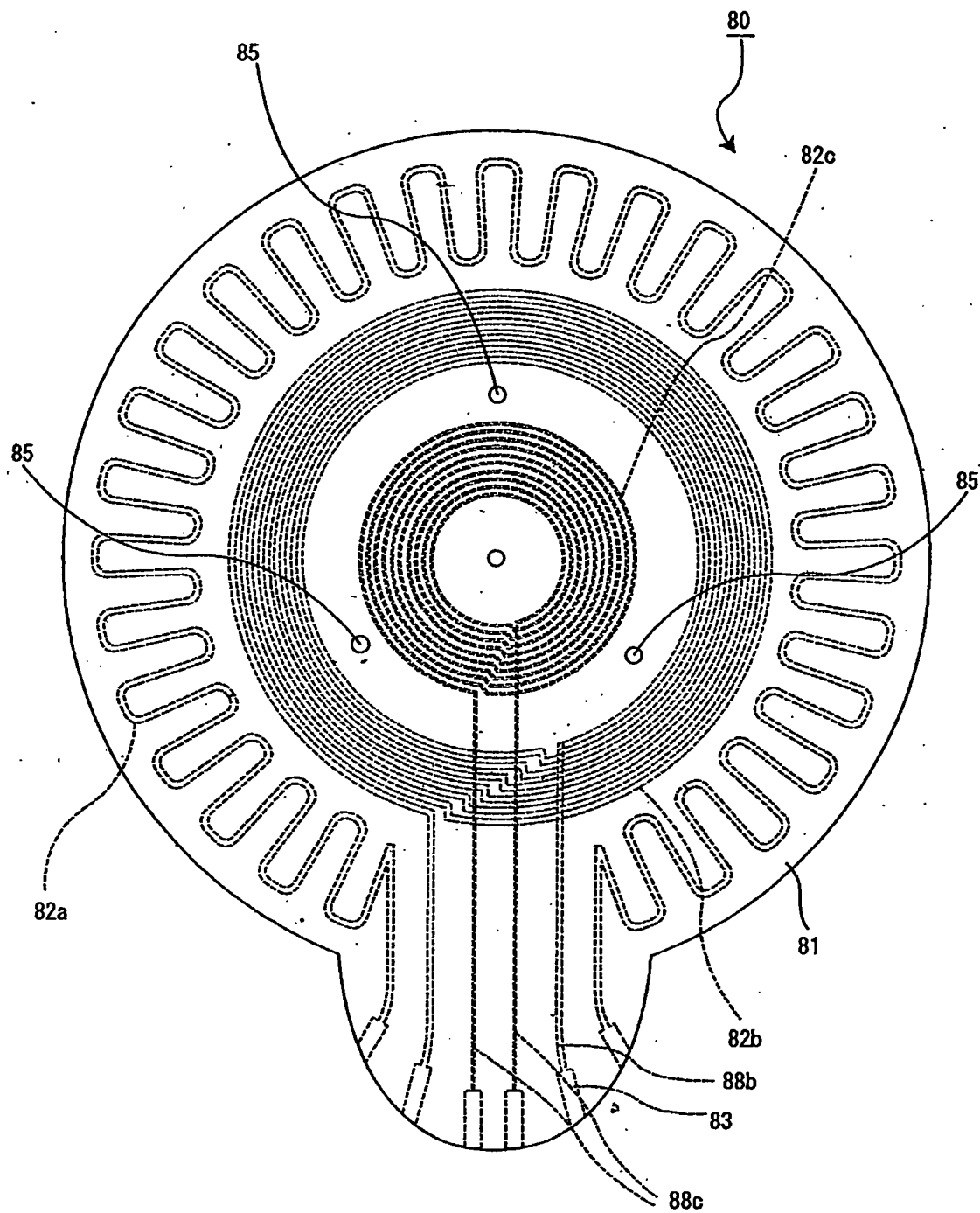
7/14

図7



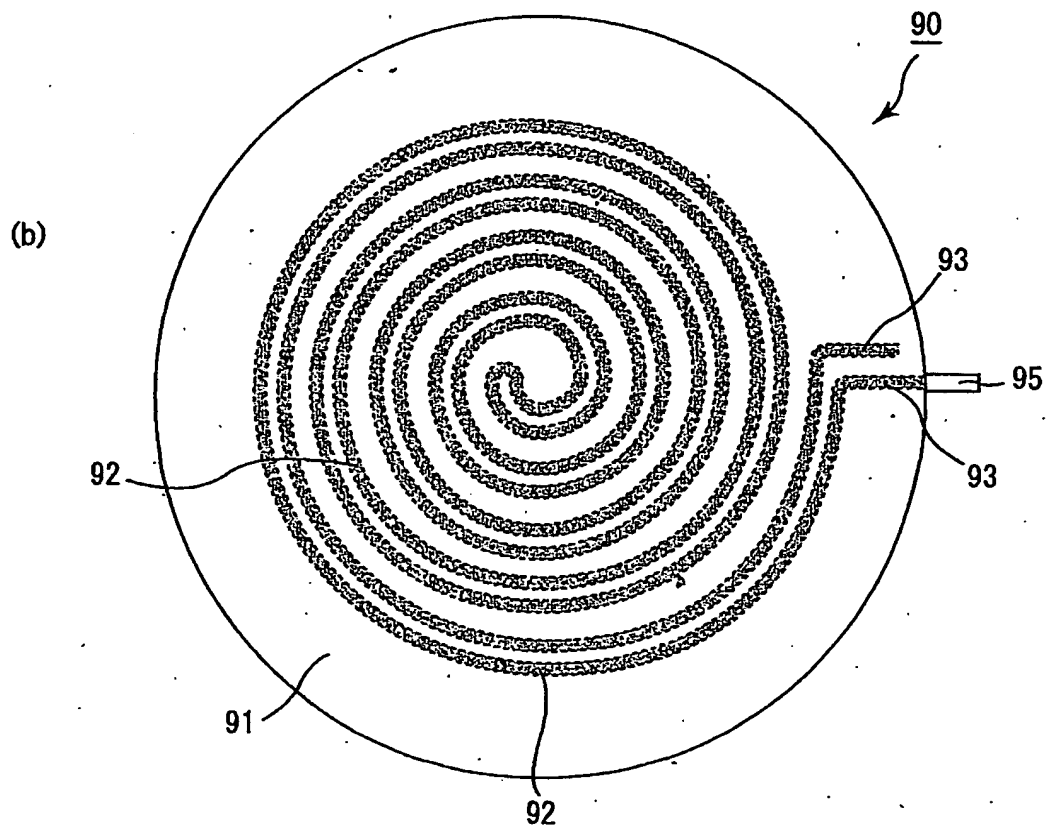
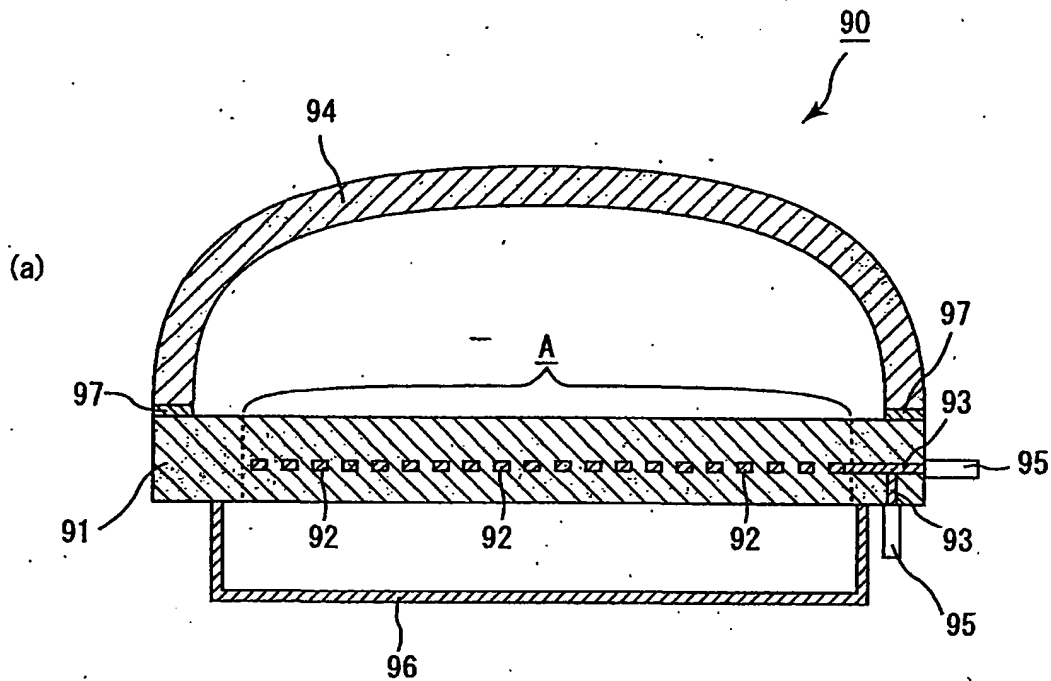
8/14

図8



9/14

9



10/14

図10

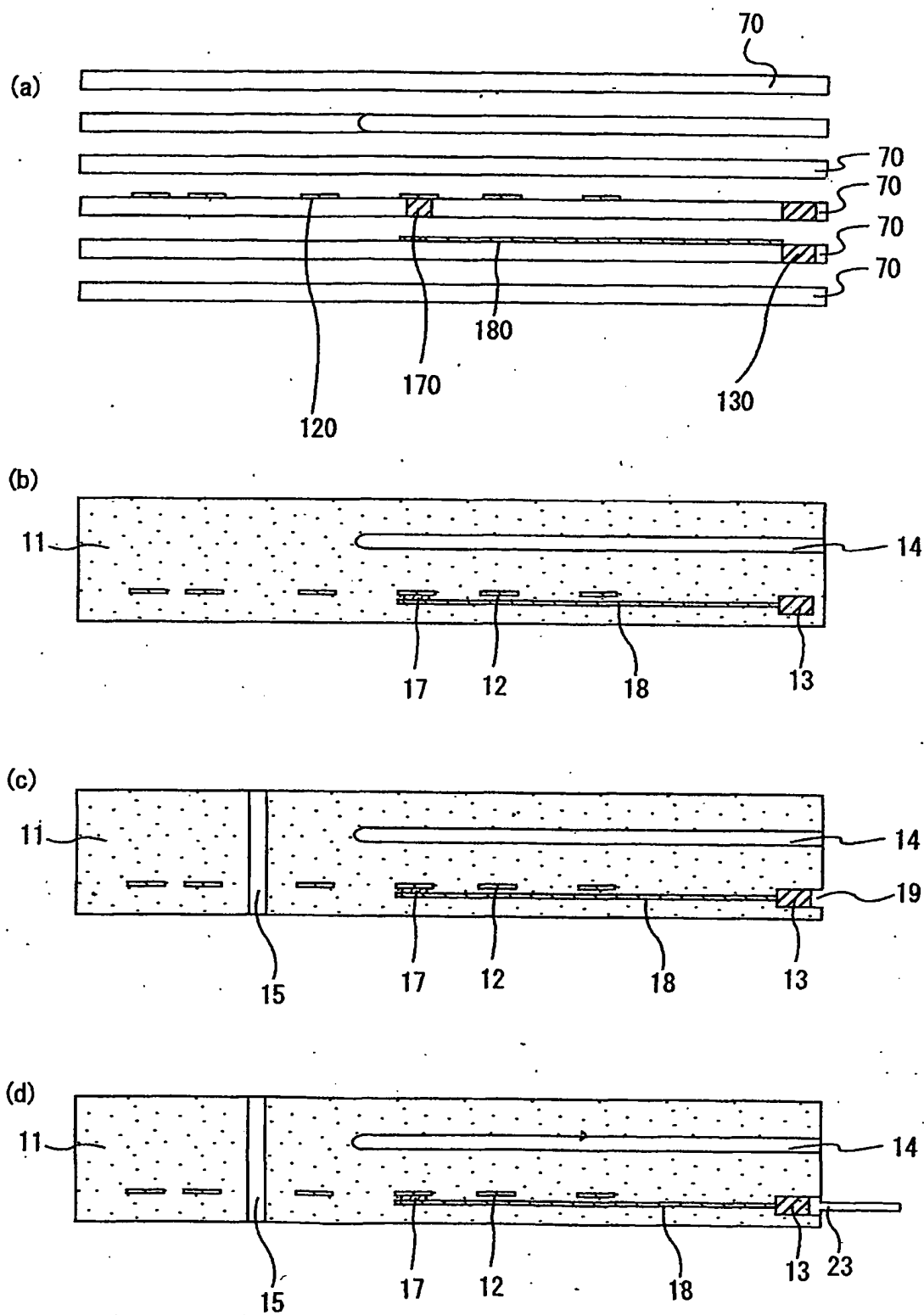
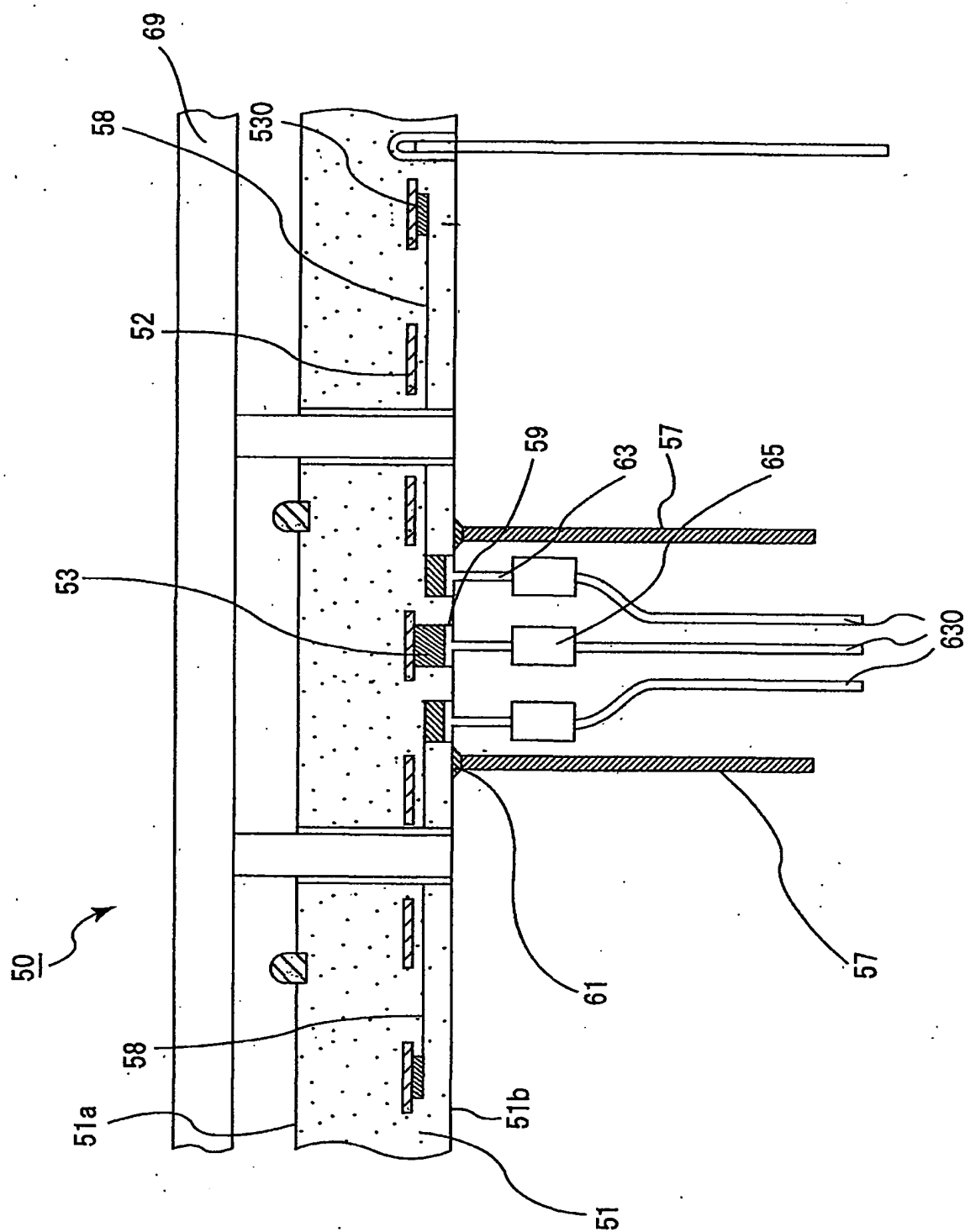


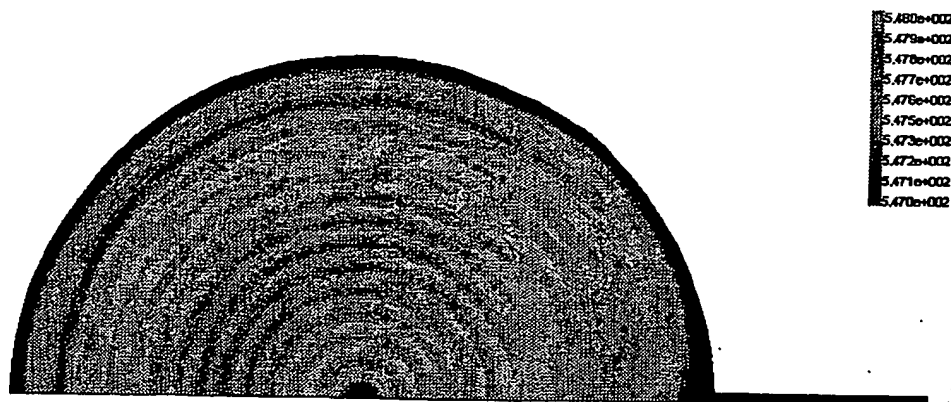
図11



12/14

図12

(a)



(b)

12b-5000 AM4 Rev710-70-4-71-1-5 · 20050 B0 J0000 1
M4: Celsius

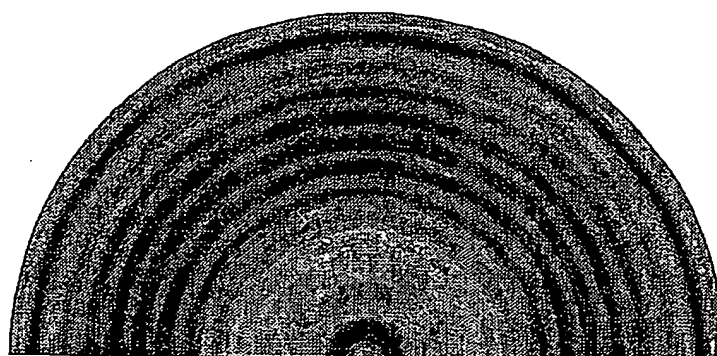


図13

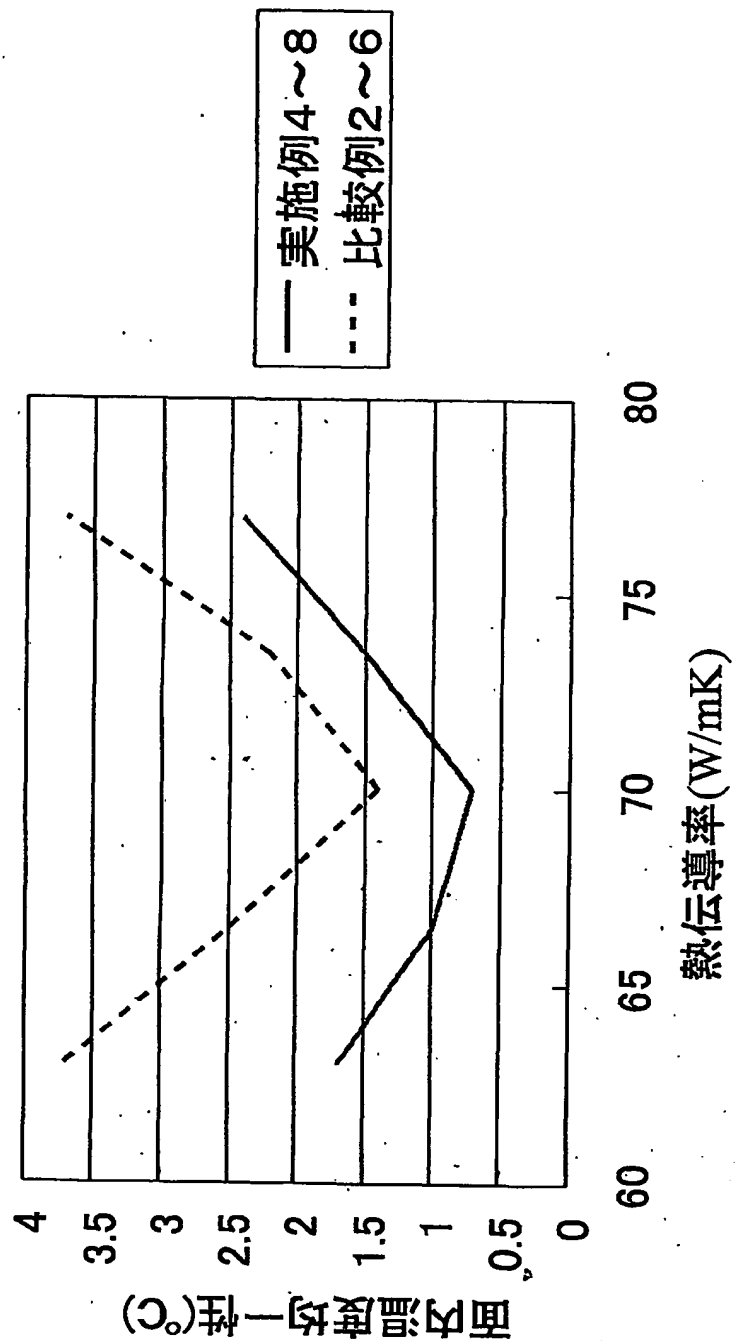
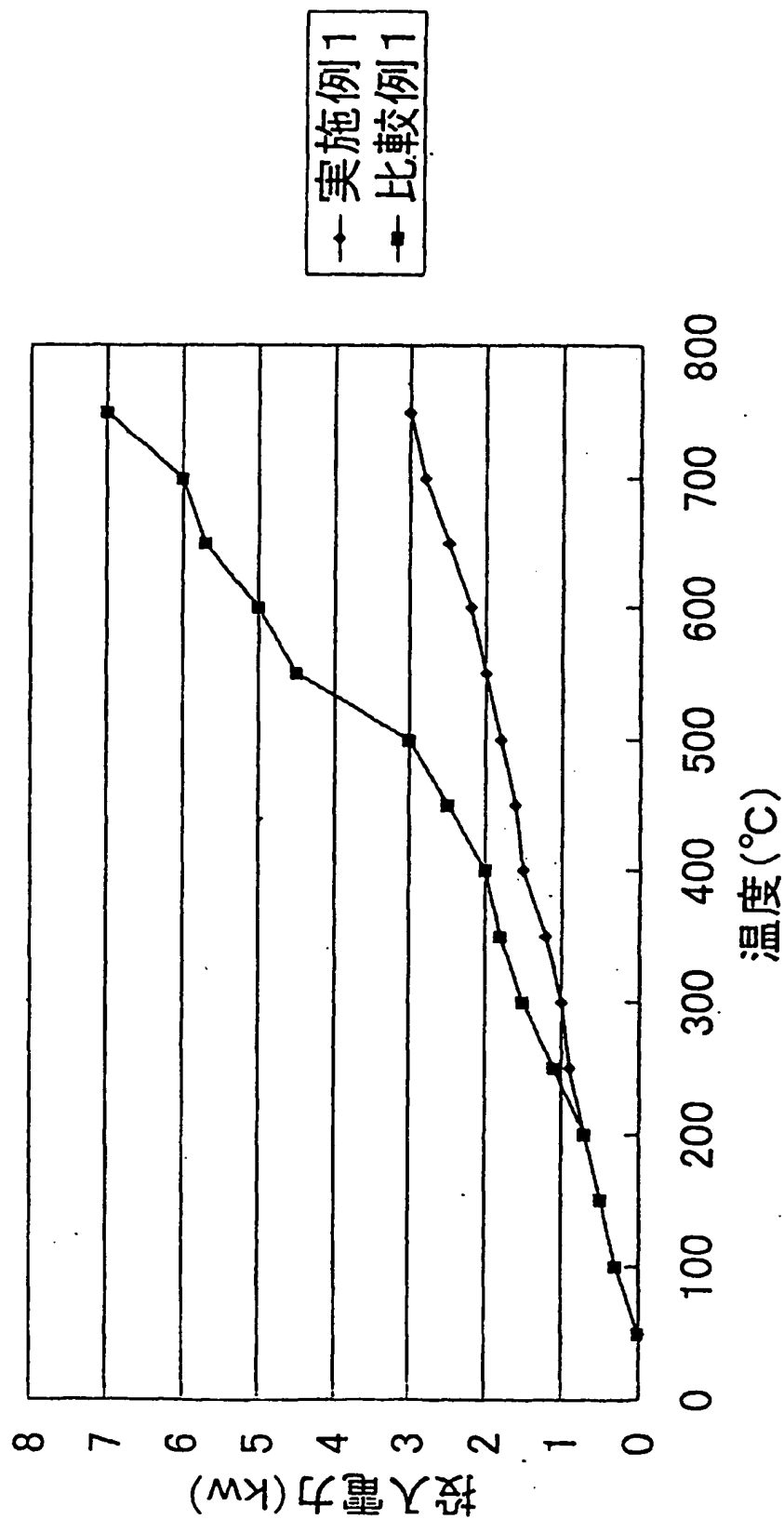


図14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/03608

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L21/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/02, H05B3/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 6-69137 A (NGK Insulators, Ltd.), 11 March, 1994 (11.03.94), Full text; Fig. 1 Full text; Fig. 1 (Family: none)	1-4 5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

 Date of the actual completion of the international search
04 July, 2002 (04.07.02)

 Date of mailing of the international search report
16 July, 2002 (16.07.02)

 Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl' H01L21/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl' H01L21/02, H05B3/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2002年
 日本国登録実用新案公報 1994-2002年
 日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	JP 6-69137 A (日本碍子株式会社) 1994. 03. 11 全文, 第1図 全文, 第1図 (ファミリー無し)	1-4 5

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04. 07. 02

国際調査報告の発送日

16.07.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大嶋 洋一

4L

9170

電話番号 03-3581-1101 内線 6764